



Die Aufrechterhaltung von kritischen Versorgungsdienstleistungen bei Ausfall der Kritischen Infrastruktur Trinkwasserversorgung am Beispiel der medizinischen Versorgung in Krankenhäusern

Masterarbeit von Manuel Geiger

Hochschule:	Bergische Universität Wuppertal
Studiengang:	Sicherheitstechnik
Vertiefung:	Brand- und Bevölkerungsschutz
Hochschulprofessor:	Univ.-Prof. Dr. Ing. Frank Fiedrich
Betreuer:	Stefan Martini, M. Sc.
Tag der Ausgabe:	01.09.2018
Tag der Abgabe:	30.01.2019



Die Deutsche Arbeitsgemeinschaft Krankenhaus-Einsatzplanung (DAKEP) e.V. bedankt sich bei Manuel Geiger, Verfasser dieser Masterarbeit. Für den Inhalt ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich. Fragen zur Arbeit richten Sie bitte an: manuelgeiger@gmx.net Auf Wunsch des DAKEP-Mitglieds Manuel Geiger wird seine Arbeit auf den Internetseiten der DAKEP e.V. also Download zur Verfügung gestellt.

Genderhinweis

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für beiderlei Geschlecht. Eine Verwendung der gewohnten männlichen Sprachform bei personenbezogenen Substantiven und Pronomen impliziert keine Benachteiligung des weiblichen Geschlechts.

Vorwort und Danksagungen

Zu erst möchte ich Herrn Prof. Dr. Fiedrich danken, dass er mir ermöglicht hat, die vorliegende Masterarbeit am Lehrstuhl für Bevölkerungsschutz, Katastrophenschutz und Objektschutz zu schreiben und die wissenschaftliche Begutachtung der Arbeit übernimmt.

Weiterer Dank gilt Herrn Stefan Martini vom Lehrstuhl für Bevölkerungsschutz, Katastrophenschutz und Objektschutz. Vielen Dank für die gute Betreuung und die vielen produktiven Gespräche, die zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

An dieser Stelle möchte ich allen Interviewpartnern herzlich für ihre Unterstützung danken. Vielen Dank, dass Sie sich die Zeit genommen und mir Auskünfte für meine Masterarbeit gegeben haben.

Schließlich möchte ich mich beim BBK und dessen Mitarbeitern bedanken. Vielen Dank für die Bereitstellung des Themas und die Unterstützung bei meiner Masterarbeit.

Inhaltsverzeichnis

Genderhinweis.....	I
Vorwort und Danksagungen.....	II
Inhaltsverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	VI
Glossar	VIII
Kurzfassung.....	XI
Abstract.....	XIV
1 Einleitung	1
1.1 Abhängigkeit von Trinkwasser.....	2
1.2 Der Begriff „Wasserausfall“ und zugrundeliegende Szenarien	3
2 Rechtliche Grundlagen.....	5
2.1 Gesetzliche Regelungen zum Zivil- und Katastrophenschutz.....	6
2.1.1 <i>Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz.....</i>	<i>6</i>
2.2 Rechtliche Grundlage der Wasserversorgung	7
2.2.1 <i>Wasserhaushaltsgesetz.....</i>	<i>7</i>
2.2.2 <i>Trinkwasserverordnung</i>	<i>7</i>
2.2.3 <i>Wassersicherstellungsgesetz</i>	<i>8</i>
2.2.4 <i>1. und 2. Wassersicherstellungsverordnung</i>	<i>9</i>
2.2.5 <i>Infektionsschutzgesetz</i>	<i>9</i>
2.3 Konzepte zum Schutz Kritischer Infrastrukturen	10
2.4 Relevante technische Normen und Regelwerke zur Ersatzwasserversorgung und zum Risiko- und Krisenmanagement	11
2.4.1 <i>DIN 2001-3:2015-12, Trinkwasserversorgung aus Kleinanlagen und nicht ortsfesten Anlagen .</i>	<i>12</i>
2.4.2 <i>DIN EN 15975 Sicherheit der Trinkwasserversorgung – Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement.....</i>	<i>12</i>
2.4.3 <i>DVGW W 1020, Arbeitsblatt W 1020 des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e.V. ..</i>	<i>13</i>
3 Zuständigkeiten der Wasserversorgung.....	14
4 Methodik der Arbeit.....	16
4.1 Leitfrage und untergeordnete Fragestellungen.....	16
4.2 Systematische Literaturrecherche.....	17
4.3 Teilstrukturierte, nicht standardisierte Interviews	18
4.3.1 <i>Stichprobe der Feldstudie</i>	<i>20</i>
4.3.2 <i>Fragestellungen für die Interviewleitfäden</i>	<i>22</i>
4.3.3 <i>Methodik zur Auswertung der Interviews.....</i>	<i>27</i>

5	Aktueller Wissens- und Forschungsstand	28
5.1	Quantitative Ergebnisse der Literaturstudie	28
5.2	Zusammenfassung der rechtlichen, konzeptionellen und normativen Vorgaben.....	29
5.3	Parameter zur Ermittlung des Wasserbedarfs.....	30
5.4	Kritische Bereiche im Krankenhaus	31
5.4.1	<i>Medizinisch kritische Bereiche im Krankenhaus</i>	<i>31</i>
5.4.2	<i>Technisch kritische Bereiche im Krankenhaus</i>	<i>32</i>
5.5	Der Wasserbedarf von Krankenhäusern	32
5.5.1	<i>Regelbedarf an (Trink-)Wasser.....</i>	<i>33</i>
5.5.2	<i>Vergleich des Wasserbedarfs im Regelbetrieb mit anderen Ländern</i>	<i>39</i>
5.5.3	<i>Wasserbedarf aufgeteilt nach Bereichen im Krankenhaus</i>	<i>42</i>
5.5.4	<i>Notfallbedarf an (Trink-)Wasser.....</i>	<i>44</i>
5.5.5	<i>Vergleich der theoretisch vorgehaltenen Wassermenge (1. WasSV) mit den Mittelwerten des Verbrauchs</i>	<i>47</i>
5.5.6	<i>Möglichkeiten der Wassereinsparung im Notfall.....</i>	<i>48</i>
5.6	Konzepte zur Notfallwasserversorgung von Krankenhäusern	48
5.6.1	<i>Art der Versorgung und Einhaltung der TrinkwV.....</i>	<i>49</i>
5.6.2	<i>Möglichkeiten der Ersatz- und Notwasserversorgung</i>	<i>50</i>
5.7	Erkenntnisse aus der Literaturrecherche	51
6	Ergebnisse der Interviews	54
6.1	Interviews mit den Fachleitern der technischen Bereiche	54
6.2	Interviews zum Thema Notfallplanung	58
6.3	Interviews zum Thema Krankenhaus- und Trinkwasserhygiene	60
6.4	Interviews zu Erfahrungen im Bereich Ersatz- und Notwasserversorgung.....	66
7	Vergleich von Literatur und Praxis	70
7.1	Benötigte Wassermengen und –qualitäten im Regelbetrieb.....	70
7.1.1	<i>Wasserverbrauch des gesamten Krankenhauses.....</i>	<i>70</i>
7.1.2	<i>Wasserverbrauch einzelner Prozesse und Bereiche.....</i>	<i>71</i>
7.2	Wasserbedarf im Not- bzw. Minimalbetrieb	72
7.2.1	<i>Kritische Bereiche</i>	<i>73</i>
7.2.2	<i>Entbehrliche Bereiche und Wassersparmaßnahmen.....</i>	<i>74</i>
7.3	Bewertung von Konzepten zur Sicherstellung der Versorgung von Krankenhäusern	76
8	Diskussion der Ergebnisse	83
9	Fazit und Ausblick.....	85
10	Abbildungsverzeichnis	87
11	Tabellenverzeichnis	87
12	Literaturverzeichnis	88

13	Rechtsnormenverzeichnis	94
-----------	--------------------------------------	-----------

Anhang.....	A
--------------------	----------

Anhang I: Interviewleitfäden	A
------------------------------------	---

<i>Anhang I.II: Interviewleitfaden „Technik Wasserversorgung“</i>	<i>A</i>
---	----------

<i>Anhang I.II: Interviewleitfaden „Notfallfallplanung“</i>	<i>C</i>
---	----------

<i>Anhang I.III: Interviewleitfaden „Trinkwasserhygiene“</i>	<i>D</i>
--	----------

<i>Anhang I.IV: Interviewleitfaden „Erfahrungen zur Trinkwassernotversorgung“</i>	<i>H</i>
---	----------

Anhang III: Die in Abbildung 2 bis Abbildung 4 verwendeten Zahlenwerte und Quellen.....	J
---	---

Anhang IV: Suchbegriffe der Literaturrecherche	W
--	---

<i>Anhang IV.I: Suchbegriffe der primären Literaturrecherche</i>	<i>W</i>
--	----------

<i>Anhang IV.II: Angepasste Suchbegriffe der sekundären Literaturrecherche</i>	<i>X</i>
--	----------

Abkürzungsverzeichnis

ABC-Schutz	Schutz vor atomaren, biologischen und chemischen Gefahren
AWWA	American Water Works Association
BASE	Bielefeld Academic Search Engine
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BMI	Bundesministerium des Innern
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnologie
CDC	Centre for Disease Control and Prevention
CRF	Französisches Rotes Kreuz
CT	Computertomographie
CTC-CIT	Clean Technology Centre at Cork Institute of Technology
DRK-KHS	Deutsches Rotes Kreuz, Gemeinnützige Krankenhaus Gesellschaft Sachsen
DVGW	Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.
FIS	Fachinformationsstelle
GB-DETR	GB Department of Environment, Transport and the Regions' Energy Efficiency
GB-DHSC	GB Department of Health and Social Care
GG	Grundgesetz
GPCD	gallons per capita per day
IBC	Intermediate Bulk Container (deutsch: Großpackmittel)
I-EPA	Irland Environmental Protection Agency
IfSG	Infektionsschutzgesetz
KDHE	Kansas Department of Health and Environment
KH	Krankenhaus
KKH	Kreiskrankenhaus
KRITIS	Kritische Infrastrukturen
KZV	Konzeption Zivile Verteidigung
LKH-Graz	Landeskrankenhaus-Universitätsklinikum Graz
LWG	Landeswassergesetz
MANV	Massenanfall von Verletzten
MRT	Magnetresonanztomographie
NCDPPEA	North Carolina Division of Pollution Prevention and Environmental Assistance
SozM-BW	Ministerium für Soziales und Integration Baden-Württemberg
TDSHS	Texas Department of State Health Services
THW	Bundesanstalt Technisches Hilfswerk
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
UKF	Universitätsklinikum Freiburg

UKB	Universitätsklinikum Bonn
UO-Anlage	Umkehrosmoseanlage
US-EIA	U.S. Energy Information Administration
US-EPA	U.S. Environmental Protection Agency
UV-Licht	Ultraviolettes Licht
VAMED-KMB	Krankenhausmanagement und Betriebsführungsgesellschaft mbH
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDI ZRE	Verein Deutscher Ingenieure Zentrum für Ressourceneffizienz GmbH
VE-Wasser	Vollentmineralisiertes Wasser
VKH-BG	Vorarlberger Krankenhaus-Betriebsgesellschaft mbH
WasSiG	Wassersicherstellungsgesetz
WasSV	Wassersicherstellungsverordnung
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WHO	World Health Organisation
WKK	Westküstenkliniken
WVU	Wasserversorgungsunternehmen
ZSKG	Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz

Alternativversorgung

Die Alternativversorgung mit Wasser beschreibt die Bereitstellung von (Trink-)Wasser aus einer alternativen Quelle, die nicht die öffentliche Trinkwasserversorgung ist. Hierbei kann es sich auch um eine Ersatz- und Notwasserversorgung nach DIN 2001-3 handeln, jedoch nicht ausschließlich.

Betriebswasser

Betriebswasser ist kein genormter Begriff. Betriebswasser umfasst in der Regel Wasser, welches die TrinkwV nicht erfüllt, von dem jedoch bei Verwendung, ausgenommen das Trinken des Wassers, keine gesundheitliche Gefahr für den Menschen ausgeht. In der vorliegenden Arbeit ist Betriebswasser als klares, nicht gesundheitsgefährdendes Wasser zu verstehen, dass nicht zum menschlichen Genuss geeignet ist und die TrinkwV nicht erfüllt, jedoch gefahrlos für andere Zwecke verwendet werden kann. Diese Definition erfolgt in Anlehnung an § 5 1. WasSV.

Ereignisfall

Der Ereignisfall beschreibt ein Vorkommnis jeglicher Art, unabhängig von Ausmaß, Schaden oder Auswirkung auf das Krankenhaus. Es handelt sich um ein Vorkommnis, welches vom Regelfall abweicht und den Betriebsablauf des Krankenhauses stört.

Ersatzwasserversorgung nach DIN 2001-3

„[...] zeitlich begrenzte Bereitstellung von Trinkwasser, das der TrinkwV entspricht, bei Unterbrechung des Normalbetriebs.“ [DIN 2001-3:2015-12, S. 8]. Hierbei kann es sich auch um Trinkwasser handeln, welches die Anforderungen der §§ 9 und 10 TrinkwV nicht erfüllt, jedoch vom Gesundheitsamt freigegeben oder gemäß TrinkwV desinfiziert wurde.

Fachinformationsstelle (FIS)

Bibliothek und Onlinedatenbank des BBK zur Sammlung und Bereitstellung von Fachliteratur zum Thema Bevölkerungs- und Katastrophenschutz.

Funktionsbereiche

Als Funktionsbereiche sind alle Bereiche der Therapie und Diagnostik im Krankenhaus zu verstehen. Hierzu zählen unter anderem auch Intensivstationen, jedoch keine Normalstationen.

Interdependenz

Interdependenz beschreibt die wechselseitige Abhängigkeit von zwei oder mehr Systemen.

Intermediate Bulk Container (IBC)

Unter IBC, zu deutsch Großpackmittel, versteht man kubische Transportgebinde mit einem Fassungsvermögen von 500 – 3000 L, die in der Regel in Länge und Breite gängige genormte Palettenmaße aufweisen. Die gängigste Form hat ein Fassungsvermögen von 1 m³. Eine besondere Bauweise dieser IBC sind faltbare IBC, die im Transport und der Lagerung, aufgrund des niedrigeren Platzbedarfs, kostengünstiger sind. Es besteht die Möglichkeit IBC lebensmittelecht und damit auch trinkwassergeeignet herzustellen. [o.V., 2018a]

Katastrophenfall

„Landesrechtliche Feststellung einer Katastrophe, die zur Anwendung des Katastrophenschutzgesetzes des jeweiligen Landes führt“ [BBK, 2011]. Die Katastrophe wird vom Hauptverwaltungsbeamten festgestellt und damit gehen die Kostentragungspflicht, aber auch die Einsatzleitung auf dessen Behörde über [o.V., 2018b].

Kritikalität

„relatives Maß für die Bedeutsamkeit einer Infrastruktur in Bezug auf die Konsequenzen, die eine Störung oder ein Funktionsausfall für die Versorgungssicherheit der Gesellschaft mit wichtigen Gütern und Dienstleistungen hat“ [BMI, 2009].

Kritische Bereiche

Als kritische Bereiche sind im Krankenhaus alle medizinischen und technischen Bereiche zu verstehen, die direkt oder indirekt von der Wasserversorgung abhängig sind und bei welchen bei Ausfall der öffentlichen Trinkwasserversorgung Einschränkungen im Betrieb bis hin zum Totalausfall zu befürchten sind.

Kritische Infrastrukturen (KRITIS)

„Kritische Infrastrukturen sind Organisationen und Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten“ [BBK, 2011]. „Kritische Infrastruktur“ ist als feststehender Begriff zu verstehen und daher werden beide Worte in der vorliegenden Arbeit großgeschrieben.

Notwasserversorgung nach DIN 2001-3

„[...] zeitlich begrenzte Bereitstellung von Wasser zur Deckung des lebensnotwendigen Bedarfs bei Unterbrechung des Normalbetriebes, bei der eine Ersatzwasserversorgung nicht möglich ist“ [DIN 2001-3:2015-12, S. 9].

Planbett

Die Anzahl der Planbetten gibt an, wie viele Betten ein Krankenhaus maximal gemäß Krankenhausplan betreiben darf.

Regelfall und Regelbetrieb

Regelfall bzw. Regelbetrieb beschreiben den normalen, täglichen Betrieb des Krankenhauses mit üblichen kleinen Vorkommnissen, die jedoch nicht zu einer Störung des Betriebsablaufes führen.

Risikobereiche

Risikobereiche sind im Krankenhaus Bereiche, die der Pflege, Diagnostik und Therapie von Patienten dienen, die entweder auf Grund ihrer Erkrankung selbst ein erhöhtes Risiko für gesundheitliche Schäden tragen oder von welchen ein erhöhtes Risiko für andere Personen ausgeht. Beispiele hierfür sind Stationen mit immunsupprimierten Patienten, aber auch Stationen mit infektiösen Patienten.

Trinkwasser nach § 3 TrinkwV

Wasser für den menschlichen Gebrauch, welches zum Trinken, Kochen, zur Körperpflege und –reinigung oder zur Reinigung von Gegenständen verwendet wird, die mit Lebensmitteln oder nicht nur vorübergehend mit dem menschlichen Körper in Kontakt kommen. Ausgeschlossen sind natürliche Mineralwasser sowie Schwimm- und Beckenwasser.

Verteidigungsfall

„Verfassungsrechtlicher Zustand, Ergebnis der Feststellung gemäß Artikel 115 a GG, dass das Bundesgebiet mit Waffengewalt angegriffen wird oder ein solcher Angriff unmittelbar droht“ [BBK, 2011].

Kurzfassung

Die Zuständigkeiten für die Aufrechterhaltung der kritischen Versorgungsdienstleistungen von Krankenhäusern bei einem teilweisen oder Totalausfall der Kritischen Infrastruktur „Trinkwasserversorgung“ sind per Gesetz und anderen rechtlichen Vorgaben geregelt: je nach Auslöser und Ausmaß des Ausfalls dieser Kritischen Infrastruktur liegt die Zuständigkeit im geringsten Fall beim Betreiber einer Krankenhauses oder beim regionalen WVU und im Extremfall beim Zivil- und Katastrophenschutz des Bundes und der Länder. Die Vielzahl an rechtlichen Vorgaben und Regelungen zeigt an, dass das Bewusstsein für diese Problematik des Ausfalls auf Seiten der Behörden zwar vorhanden ist, in der konkreten Bearbeitung jedoch sehr großer Nachholbedarf bei der Erarbeitung von Notfallkonzepten, unter anderem durch die Krankenhäuser, besteht. Die vorliegende Masterarbeit zeigt, dass ein Ausfall der Trinkwasserversorgung erhebliche Auswirkungen auf die medizinische Versorgung im Krankenhaus hat und ist somit als substantielle Gefährdung der medizinischen Versorgung einzuschätzen. Deshalb wird die Ersatzversorgung bei Ausfall der Trinkwasserversorgung in der vorliegenden Arbeit wissenschaftlich betrachtet. Die Problemstellung wird in der vorliegenden Arbeit mittels einer systematischen Literaturrecherche in deutsch und englisch sowie einem explorativen Ansatz in qualitativen, nicht systematischen und teilstrukturierten Interviews durch offene Fragen bearbeitet. Es wurden insgesamt acht Interviews bei zwei Gesundheitsämtern, an zwei Unikliniken, einem Kreiskrankenhaus und einer Fachklinik für Herzerkrankungen geführt. Die ausgewählte Stichprobe deckt Parameter wie städtische und ländliche Lage, hohe und niedrige Krankenhausdichte sowie alle Versorgungsstufen von Krankenhäusern ab. Der Wasserverbrauch von Krankenhäusern ist abhängig von der Anzahl an ambulanten und stationären Patienten, der Anzahl an Mitarbeitern, von der Versorgungsstufe und Größe des Krankenhauses und angegliederte Einrichtungen wie Küchen, Wäschereien und Sterilisation. Vergleicht man die Wasserverbrauchswerte aus einer Erhebung der EnergieAgentur.NRW für das Bilanzjahr 2008 und der VDI 3807:2014-11 von 2004 – 2005 wird ersichtlich, dass der Wasserverbrauch von Krankenhäusern in den Kategorien I bis V von 290 bis 714 L pro Planbett und Tag variiert. Deutsche Krankenhäuser verbrauchen im internationalen Vergleich am wenigsten Wasser, nämlich 408 L pro Bett und Tag.

Betrachtet man den Wasserverbrauch nach Bereichen im Krankenhaus nach VDI 3807-2:2014-11, wird ersichtlich, dass der Bereich „Bettenhaus“ den höchsten Bedarf hat (ca. die Hälfte), gefolgt von den Bereichen „Behandlung“ sowie „Anlagen zur Wasserenthärtung“. Außerdem hat der Bereich „Wäscherei“ einen nicht zu vernachlässigenden Bedarf an Wasser ein. Die Wasserverbrauchswerte des Herzzentrums Bad Krozingen widersprechen dieser Einschätzung jedoch teilweise, da dort die Normalstationen den geringsten und die Funktionsbereiche den höchsten Wasserverbrauch aufweisen.

Eine Studie aus Jordanien schlüsselt den Verbrauch wie folgt auf: Toiletten 20 %, Wäscherei 16 %, Duschen 13 %, Lecks 9 %, Küche 7 %, Händewaschen 5 %, Sterilisation 6 %, Gebäudereinigung 2 % und Labore 1 %.

Da bei einem Ausfall der Trinkwasserversorgung das zur Verfügung stehende Wasser nach Prioritäten zugeteilt werden muss, ist die Identifizierung und Ausweisung von kritischen Bereichen im Krankenhaus essentiell. Die medizinisch kritischen Bereiche sind direkt an der Versorgung der Patienten beteiligt, die technisch kritischen Bereiche sind für den Betrieb des Krankenhauses essentiell. Die folgenden medizinisch kritischen Bereiche hängen von den technisch kritischen Bereichen, und somit direkt oder indirekt von der Trinkwasserversorgung ab:

- Anästhesiologie und OP-Bereich: Lüftung mit Zuluftfilterung, Aufbereitung und Sterilisation von Medizinprodukten, Reinigung des OP-Bereichs,
- Intensivstationen: Lüftung mit Zuluftfilterung und Abluft um entstehende Wärme der intensivmedizinischen Geräte abzuführen,
- Immunsupprimierte Patienten: Zuluftfilterung und fast steriles Leitungswasser,
- Sicherheitslabore und infektiöse Patienten: Filterung der Abluft,
- Labore und Apotheke: Zuluftfilterung, UO-Anlagen oder VE-Wasser Aufbereitung,
- Dialyse: UO-Anlagen,
- Radiologie: Notkühlung von Großgeräten,
- Notaufnahme und Kreißsaal: Reinigung verschmutzter Bereiche.

Alle technisch kritischen Bereiche sind direkt abhängig von Wasser: die sanitären Anlagen, UO-Anlagen / VE-Wasser Anlagen für bspw. die Dampfproduktion, Kühlung von Servern, Küche und Wäscherei.

Rechnet man den Wasserbedarf für ein Krankenhaus mit 4.000 Mitarbeitern (15 L pro Tag), 900 Betten auf Normalstationen (75 L pro Bett und Tag) und 100 Betten auf Spezialstationen (150 L pro Bett und Tag) gemäß 1. WasSV hoch, ergibt sich ein Bedarf von 142 m³ pro Tag. Im Vergleich zu den Wasserverbrauchswerten aus der Literatur ergibt das eine Abdeckung von 20 bis 48 % des Regelbedarfs bei Krankenhäusern der Kategorie IV und V. Bei einem Vergleich mit der jordanischen Studie wird ersichtlich, dass bei einem minimalen Betrieb des Krankenhauses mit Aufrechterhaltung von Toiletten, Dialyse und Laboren mit einem Wasserbedarf von 26 % des Regelbedarfs zu rechnen ist. Bei Weiterbetrieb der Sterilisation sind es 32 %, plus Küche 39 % und bei Weiterbetrieb der Wäscherei sogar 55 % des Regelbedarfs.

Die Sicherstellung der Wasserversorgung kann über mehrere Wege erfolgen. Zum einen leitungsgebunden über Verbundleitungen durch andere WVU oder direkt vor Ort aus Brunnen und/oder Wasseraufbereitungsanlagen mit einer Einspeisung ins Krankenhausnetz. Zum anderen, sollte das nicht möglich sein, die leitungsungebundene Versorgung mittels abgepacktem Wasser (Trinkwasserflaschen oder IBC) und/oder Wasser aus Tankfahrzeugen. Das Wasser kann durch

andere WVU, entfernt gelegene Notbrunnen oder mobile Wasseraufbereitungsanlagen bereitgestellt und entweder ins Krankenhausnetz eingespeist oder im Hof ausgegeben werden. Fest installierte Tanks haben sich nicht bewährt und wurden in Deutschland aus hygienischen Gründen zurückgebaut. Bei der Verwendung einer chemischen Desinfektion sind mögliche Auswirkungen auf die Verwendung des Wassers für Dialyse und Labore zu bedenken. Im Ereignisfall sollte die Notwendigkeit von Trinkwasserqualität für alle Bereiche überprüft werden, da in der Regel nur das Wasser zum Trinken und das Wasser für die Risikobereiche, Dialyse oder Apotheken diese Qualität wirklich benötigt. Alle anderen Bereiche, speziell die sanitären Anlagen und die Einspeisung in technische Anlagen kann in der Regel mit Betriebswasser erfolgen. Leitungsgebundene Versorgungskonzepte sind zu bevorzugen, weil die Einhaltung der Trinkwasserqualität eher gewährleistet werden kann.

Um den Aufwand einer Ersatz- bzw. Notversorgung zu reduzieren, ist zu allererst Wasser einzusparen und hierfür sind, in Abhängigkeit des Ausmaßes des Ereignisses, alle notwendigen Maßnahmen zu treffen: Reduktion von Hände- und Körperwaschungen bei Ersatz durch Desinfektion, Absage von elektiven Eingriffen und Untersuchungen bis hin zur Abschaltung ganzer Bereiche oder einer Sichtung von Patienten mit Abweisung nicht dringender Fälle. Des Weiteren muss über eine Reduktion von Personal in nicht essentiellen Bereichen erwogen werden, da das Personal auch am Wasserverbrauch beteiligt ist. Eine Abschaltung von Heizungs-, Klima- und Lüftungsanlagen oder der Küche und der Wäscherei ist denkbar, hat aber möglicherweise Auswirkungen auf einige medizinisch kritisch Bereiche. Neben der reinen Reduzierung des Wasserverbrauchs sollte mindestens die teilweise Verlegung wasserintensiver Prozesse in die Nacht in Erwägung gezogen werden.

Neben diesen technischen Aspekten zeigt sich, dass das Problem Wasserausfall bei vielen Krankenhäusern, Behörden und Organisationen zwar bekannt ist, bei seiner vielschichtigen Aufarbeitung jedoch noch dringender Nachholbedarf besteht. Einen Beitrag dazu leistet die vorliegende Masterarbeit mit ihrer systematischen Sichtung der Literatur, der Befragung von Fachleuten und der daraus resultierenden wissenschaftlichen Auswertung. Ein weiterer Beitrag wären z.B. regelmäßige, praktische Übungen im Bereich der Ersatzwasser-versorgung mit allen beteiligten Akteuren.

Abstract

The responsibility for maintaining the critical medical care of hospitals during a partly or total loss of the critical infrastructure „drinking water supply“ is determined by law and secondary acts: depending on the cause and the scale of the loss of this critical infrastructure the responsibility is divided. During a small scale event the hospital itself is responsible, during a regional event the responsibility is with the regional water supply company and when a large scale event happens the civil protection authorities are in charge. The variety of legal rules and acts shows, that the responsible authorities are aware of the problem of a sudden loss of the water supply itself, but there is still a need for concrete concepts and requirements to catch up with the needs. Especially the hospitals need to improve their plans and concepts in case of a loss of water supply. This master thesis shows, that a disruption of the water supply has a massive influence on medical services in hospitals and therefore this event has to be treated as a critical endangerment of medical services. To do so this master paper evaluates the emergency water supply of hospitals in a scientific way. The problem of a sudden water supply loss is considered with a systematic literature research in German and English combined with explorative, qualitative, non-systematic and partly-structured interviews. Therefore eight interviews had been run in two public health authorities, two university hospitals, a regional hospital and a hospital specialized on cardiac diseases. The taken sample covers all parameters like urban or rural location, high and low availability of other hospitals and all levels of medical care.

The water consumption of hospitals depends on the number of in- and outpatient treatments, the number of employees, the size of the hospital and the level of medical care as well as additional facilities like kitchen, laundry and sterilisation. A comparison of water consumption of hospitals in two studies, one taken by the EnergieAgentur.NRW in 2008 and one taken by the VDI in 2004-2005 (VDI 3807-2:2014-11), shows, that the hospitals from category I to V have a total water consumption varying from 290 to 714 L per bed and day. Compared to other countries German hospitals consume fewest water, in average 408 L per bed and day.

Dividing the consumed water by departments the VDI 3807-2:2014-11 shows, that in hospitals the ward areas have the highest demand of water (about half of the in total consumed water), followed by areas for treatments and machinery for demineralization of water. Additionally the laundry needs a significant amount of water. Considering the water consumption of the Bad Krozingen hospital for cardiac diseases this assessment seems to be wrong, because the ward areas in this hospital consume least water and the departments for patient treatment show the highest water consumption.

Regarding a survey taken in Jordan the water consumption is divided as follows: toilets 20 %, laundry 16 %, showers 13 %, leaks 9 %, food services 7 %, faucets 5 %, sterilisation 6 %, cleaning 2 % and laboratory 1 %.

Because water needs to be apportioned in case of a loss of water supply it is vital to identify critical areas in hospitals. There are medical, critical areas, which are directly necessary for treatment of

patients and technical, critical areas, which supply the operation of the hospital. The medical, critical areas depend on the function of the technical, critical areas and therefore depend directly and indirectly on water supply:

- anesthesiology and operating room: ventilation with filters for supply air, processing and sterilizing of medical equipment, cleaning of operating rooms,
- intensive care units: ventilation with filters for supply air and ventilation for exhaust air to get the released heat from intensive care monitoring out,
- patients with immunosuppression: ventilation with filters for supply air and nearly sterile water,
- high security laboratories and contagious patients: ventilation with filters for exhaust air,
- laboratories and clinical pharmacy: ventilation with filters for supply air, machinery for demineralization,
- dialysis: machinery for demineralization,
- radiology: cooling systems for emergency shutdown of machinery,
- emergency room and delivery room: cleaning of dirty areas.

All technical, critical areas depend directly on water supply: toilets, faucets, machinery for demineralization e.g. for steam production, cooling systems for servers, food services and laundry.

Extrapolating the water needs according to the 1. WasSV a hospital with 4.000 employees (15 L per person and day), 900 beds in normal ward areas (75 L per bed and day) and 100 beds in intensive care units (150 L per bed and day) the calculated need of water is about 142 m³ per day. Compared to the regular water consumption evaluated in the literature research the calculated amount of water covers about 20 up to 48 % of the daily water consumption. Coming to a minimal operation of a hospital, running toilets, dialysis and laboratories, the Jordan study shows a demand of 26 % of the regular water consumption. If the sterilisation needs to be fed as well the demand increases to 32 %, adding the kitchen the water demand rises to 39% and if the laundry needs to be operated a demand of 55 % of regular needs has to be expected.

Emergency water supply can be guaranteed with several options. As first option the water supply can be fed by another water supply company or directly from a well and/or a mobile water treatment plant. Those options are tied to a functioning pipe system. The other option is a water supply which is independent from the pipe system. This option can be used in case a pipe dependent supply is not possible and water therefore is delivered in bottles, IBC or water tankers. The water for this kind of supply can be provided by another water supply company, a distant well or water treatment plant and is possibly fed directly into the pipe system or distributed from a central place e.g. the garden of the hospital. For hygienic purposes permanent on-site tanks are no longer used in Germany. If the water needs to be treated with chemicals it might no longer be suitable for the use for dialysis and laboratories. If an emergency water supply is necessary it will be important to check in which areas

drinking water will be essential because under normal circumstances only water for drinking purposes, for patients with immunosuppression, dialysis and clinical pharmacies needs such a high quality. Everything else can be supplied with non potable water like toilets and machinery. Options that use the pipe system should be preferred because it is easier to guarantee drinking water standards. To reduce expenditure of an emergency water supply it is necessary to reduce the water demand by saving water. In accordance to the cause of the loss of water supply different actions are possible: reducing washing of hands and showering by using disinfection, cancelling elective procedures and surgery, closing whole departments or in worst case examining patients quickly and rejecting non-critical and not urgent patients. Additionally the option of cutting the number employees in non-essential departments should also be concerned because the employees consume water, too. Reducing ventilation, heating and air condition is possible as well as shutting down the kitchen and the laundry, but these actions might affect medical, critical areas. An other possibility would be carrying out processes with high demands on water during the night.

Beside all the technical facts the problem of water supply disruption is well known in hospitals, organisations and authorities but this complex scenario still needs a lot of attention and some catching up. This master thesis contributes to the solution of the problems specified above by systematically analyzing the literature, conducting interviews with experts and working out a scientific result from all this data. Regular, practical trainings on emergency water supply situations, performed by all personal involved, would furthermore achieve an important contribution.

1 Einleitung

Die zunehmende Bedrohung durch Klimawandel, Naturkatastrophen oder auch Anschläge in Verbindung mit einer erhöhten Vulnerabilität der für das Gemeinwohl notwendigen Einrichtungen und Institutionen macht einen Schutz dieser Einrichtungen unabdingbar. Diese essentiellen Strukturen werden daher als Kritische Infrastrukturen bezeichnet und ihr Versorgungsauftrag im Regelfall, im Katastrophenfall und im Verteidigungsfall definiert. Zu diesen Kritischen Infrastrukturen gehören unter anderem Krankenhäuser und ihr kritischer Versorgungsauftrag der stationären Versorgung von Patienten. Jedoch kann das Krankenhaus diesen Versorgungsauftrag nur in Abhängigkeit von anderen Kritischen Infrastrukturen in vollem Umfang erfüllen. Deshalb muss zur Sicherstellung der medizinischen Versorgung auch die Versorgung mit Medikamenten und Verbrauchsmaterial, die Stromversorgung, die Wasserversorgung und vieles mehr sichergestellt werden. Die wachsende Vernetzung, Verknüpfung und Interdependenz aller Akteure führt zu einer Komplexität des Versorgungssystems, in welchem jede einzelne Komponente als absolut essentiell zu verstehen ist und ein Ausfall eines Elements zu einer Kaskade von nachrangigen Ausfällen führen kann. Eine dieser Abhängigkeiten ist die Trinkwasserversorgung von Krankenhäusern, die für die Versorgung von Patienten einen lebensnotwendigen Stellenwert einnimmt. Ohne eine funktionierende Wasserversorgung kann das Krankenhaus, über kurz oder lang, den Versorgungsauftrag nicht weiter erfüllen und somit die staatliche Garantie und Verpflichtung zu medizinischer Versorgung nicht gewährleisten. [BMI, 2009]

Die vorliegende Arbeit befasst sich daher mit den Auswirkungen eines Ausfalls der öffentlichen Trinkwasserversorgung und den damit einhergehenden Auswirkungen und Einschränkungen auf das Krankenhaus und die dortige medizinische Versorgung. Ziel der Arbeit ist die Darstellung von Maßnahmen, mit Hilfe derer die medizinische Versorgung im Ereignisfall in Krankenhäusern weiter ermöglicht werden soll. Es werden zunächst präventive Maßnahmen vorgestellt und im Anschluss Maßnahmen zur Sicherstellung der (Trink-)Wasserversorgung im Ereignisfall. Hierfür werden kritische Bereiche definiert, bei denen die Kombination ihrer Abhängigkeit von Wasser und ihrer Relevanz für die medizinische Versorgung zu einer gravierenden Problematik führen kann. Weiterführend wird ermittelt, wie viel Wasser in welcher Qualität zur Aufrechterhaltung ihres Betriebs benötigt wird und diese Menge den zur Verfügung stehenden Mengen gegenübergestellt. Zudem werden technische, logistische und organisatorische Maßnahmen aufgeführt und verglichen, um diese in ihrer Wirksamkeit und ihrer Umsetzbarkeit zu bewerten. Als Ergebnis werden die benötigten Wassermengen in Verbindung mit den möglichen Maßnahmen dargestellt, Vor- und Nachteile abgewogen und daraus eine situationsabhängige Empfehlung erarbeitet. Um diese sensible Thematik wissenschaftlich und evidenzbasiert zu bearbeiten, wird der Wasserverbrauch von Krankenhäusern mittels nationaler und internationaler Literatur evaluiert, mögliche und praktikable

Maßnahmen zur Sicherstellung des Krankenhausbetriebs gesucht und diese dann mit den Ergebnissen der leitfadengestützten Experteninterviews verglichen.

Mittels Literaturrecherche werden zunächst vier untergeordnete Fragestellungen bearbeitet, als Voraussetzung für die Bearbeitung der Leitfrage. Die vier untergeordneten Fragestellungen befassen sich mit den benötigten Mengen und Qualitäten von Trinkwasser, der konzeptionellen Umsetzung einer Alternativversorgung mit Wasser und dem reduzierten Notfallbetrieb des Krankenhauses.

Die Ergebnisse der Literaturrecherche werden weiterführend mit den Ergebnissen der qualitativen und explorativen Leitfadeninterviews verglichen. Hierbei sind die genannten vier Fragestellungen von Relevanz und werden durch eine weitere, fünfte Fragestellung zu Maßnahmen der Ersatz- bzw. Notversorgung ergänzt. Die fünfte Fragestellung befasst sich mit Erfahrungen aus der Alternativversorgung.

Somit kann ein globaler Überblick über die Thematik zu einer selektiven und problemorientierten Lösung geführt werden, um die medizinische Versorgung in allen denkbaren Fällen zu gewährleisten.

1.1 Abhängigkeit von Trinkwasser

In einer Literatur- und Datenanalyse durch Giovinazzi et al. [2016] wurde die Kritikalität verschiedener Kritischer Infrastrukturen und die Wechselwirkungen zwischen den Kritischen Infrastrukturen bei einem Ausfall einer Komponente untersucht. Die Betrachtung erfolgte anhand des Erdbebens in Canterbury, Neuseeland im Jahr 2011. Bei dieser Untersuchung wurde festgestellt, dass für den Gesundheitssektor die größte Beeinträchtigung von einem Ausfall der öffentlichen Trinkwasserversorgung ausgeht und sich, in Abhängigkeit der Dauer des Ereignisses, stark zuspitzt. Somit ist die Wasserversorgung, gefolgt von der Stromversorgung, nach Giovinazzi et al. [2016] die relevanteste Kritische Infrastruktur für den Gesundheitssektor und weist die höchste Kritikalität auf. Dieser Sachverhalt spiegelt sich auch in der deutschen Planung zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS) wieder. Hierfür werden KRITIS in zwei große Gruppen unterteilt: Technische Basisinfrastrukturen und Sozioökonomische Dienstleistungsstrukturen. Diese Unterteilung sowie die Zugehörigkeit der jeweiligen KRITIS-Sektoren zu diesen Gruppen ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Darstellung der KRITIS-Sektoren in den beiden übergeordneten Hauptkategorien [BMI, 2009]

Technische Basisinfrastrukturen	Sozioökonomische Dienstleistungsinfrastrukturen
Energieversorgung	Gesundheitswesen
Informations- und Kommunikationstechnologie	Ernährung
Transport und Verkehr	Notfall- und Rettungswesen, Katastrophenschutz
(Trink-)Wasserversorgung und Abwasserentsorgung	Parlament, Regierung, öffentliche Verwaltung, Justizeinrichtungen
	Finanz- und Versicherungswesen
	Medien und Kulturgüter

Zwischen den beiden dargestellten Infrastrukturbereichen besteht eine dauerhafte und erhebliche Abhängigkeit in Bezug zu ihrer uneingeschränkten Funktion. Im Speziellen sind die Sozioökonomischen Dienstleistungsinfrastrukturen stark von den Technischen Basisinfrastrukturen abhängig und ein Ausfall dieser führt zeitnah zum Ausfall bzw. zu Beeinträchtigungen bei den Sozioökonomischen Dienstleistungsinfrastrukturen. Diese Abhängigkeit besteht auch in umgekehrter Richtung (Interdependenz), jedoch führt ein Ausfall der Sozioökonomischen Dienstleistungsinfrastrukturen nicht zum sofortigen oder zeitnahen Ausfall der Technischen Basisinfrastrukturen. Somit besitzen die Technischen Basisinfrastrukturen eine höhere Kritikalität. [BMI, 2009]

1.2 Der Begriff „Wasserausfall“ und zugrundeliegende Szenarien

Der Begriff „Ausfall der öffentlichen (Trink-)Wasserversorgung“ ist in der vorliegenden Arbeit als plötzliches Ereignis zu verstehen, welches zu einem sofortigen Abriss der Wasserversorgung führt, d.h. konkret: beim Öffnen des Wasserhahns strömt kein Wasser mehr aus. Somit sind Ereignisse, die zu einer chemischen, radioaktiven oder biologischen Verunreinigung des Trinkwassers führen, auszuschließen und die Maßnahmen für derartige Szenarien werden nicht betrachtet. Im Umkehrschluss können jedoch die in der Arbeit aufgeführten Maßnahmen und Möglichkeiten trotzdem für den Fall der Verunreinigung des Trinkwassers Anwendung finden, sollte eine von der öffentlichen Trinkwasserversorgung unabhängige, alternative Wasserversorgung für ein Krankenhaus notwendig sein.

Aufgrund der Vielzahl an möglichen Szenarien, die zu einem Wasserausfall im Krankenhaus führen können, wird das Problem „Wasserausfall“ in der vorliegenden Arbeit allgemein und vom Szenario unabhängig betrachtet. Die Arbeit befasst sich mit dem Fall, dass das Wasser ausfällt und die Versorgung des Krankenhauses alternativ sichergestellt werden muss, unabhängig davon was der

Auslöser des Ausfalls ist oder in welchem Umfang der Ausfall stattfindet. Die erarbeiteten Maßnahmen sind universell, es muss jedoch auf Grundlage des jeweiligen Szenarios und des Ausmaßes des Wasserausfalls eine individuelle Betrachtung der Maßnahmen erfolgen.

Um die medizinische Versorgung bei Ausfall der öffentlichen Trinkwasserversorgung sicherzustellen, wird in der vorliegenden Arbeit davon ausgegangen, dass dies mit einer Aufrechterhaltung bzw. Ersatzversorgung des Krankenhauses mit Trinkwasser möglich ist, und daher sind alle weiteren Parameter primär zu vernachlässigen.

Aufgrund der komplexen Rechts- und Vertragslage sowie individueller Abstimmungen bezüglich der Verantwortung zur Sicherstellung der Wasserversorgung wird in der vorliegenden Arbeit nicht in der Zuständigkeit unterschieden. Diese wird daher lediglich exemplarisch und in Abhängigkeit vom Ausmaßes des Versorgungsausfalls der Wasserversorgung dargestellt. Die Art der alternativen Wasserversorgung, die benötigte Wassermenge und die Wasserqualität sind für die Aufrechterhaltung der medizinischen Versorgung relevante Parameter und somit ist es für die Ausführung nicht erheblich, ob das Krankenhaus als Unternehmen, der Wasserversorger, die Kommune oder andere staatliche Organisationen und Einrichtungen im Zuge des Zivil- oder Katastrophenschutz agieren. Somit entfällt auch eine rechtliche Betrachtung der jeweiligen Landesgesetze sowie kommunaler Regelungen. Es wird vorrangig die rechtliche Lage auf Bundesebene betrachtet.

Des Weiteren erfolgt die Betrachtung der Wasserversorgung auf der Ebene der Gesundheitsämter als genehmigungsberechtigte Behörde und der Krankenhäuser als betroffene Einrichtungen. Eine Betrachtung der Wasserversorgungsunternehmen erfolgt nicht, lediglich ihre Einordnung in die Zuständigkeit.

2 Rechtliche Grundlagen

Aus Art. 2 Abs. 2 Satz 1 GG und Art. 20 Abs. 1 GG wird die Verpflichtung des Sozialstaates zur Sicherstellung der unerlässlichen Lebensvoraussetzungen (Daseinsvorsorge), unter anderem der notwendigen medizinischen Versorgung und der Trinkwasserversorgung in Regel- sowie Ausnahmefällen abgeleitet. Die Pflicht der medizinischen Versorgung erfüllt der Staat durch untergeordnete Rechtsnormen [Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestags (Hrsg.), 2015] bspw. Sozialgesetzbuch V und die damit verbundene Delegation an die Bundesländer und die Träger der Krankenhäuser. Die Pflicht zur Wasserversorgung wird in § 50 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) dahingehend erwähnt, dass die öffentliche Wasserversorgung „eine Aufgabe der Daseinsvorsorge“ darstellt.

Die für die Thematik der Arbeit ausschlaggebenden Gesetze und Verordnungen werden im Folgenden dargestellt und die relevanten Bereiche hervorgehoben.

Bei Betrachtung der rechtlichen Forderungen und Rahmenbedingungen zur Sicherstellung der medizinischen Versorgung sowie der Wasserversorgung sind verschiedene Bereiche, ihre Überschneidungen und die verschiedenen legislativen Ebenen zu betrachten. Die beiden großen Bereiche sind zum einen Zivil- und Katastrophenschutz und zum anderen Wasserrecht sowie die Überschneidung beider Bereiche.

Der Zivilschutz und die Zusammenarbeit von Bund und Ländern im Katastrophenschutz werden im Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz (ZSKG) und der Katastrophenschutz in den jeweiligen Landesgesetzen geregelt. Da die Gesetzgebungskompetenz für Belange der Verteidigung sowie zum Schutz der Zivilbevölkerung dem Bund obliegen, regelt dieser die rechtlichen Bedingungen, und die Länderfachverwaltungen setzen diese Regelungen dann um [BMI, 2016]. Der Katastrophenschutz obliegt den Ländern, kann aber durch den Bund in Form von Amtshilfe gemäß Art. 35 GG unterstützt werden. Die Vorbereitungen und Planungen der Krankenhäuser in Form von Krankenhausalarmplänen wird in den jeweiligen Landeskrankenhausgesetzen geregelt.

Das Wasserrecht ist in der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) und dem Wasserhaushaltsgesetz auf Bundesebene sowie in den jeweiligen Landeswasser-gesetzen (LWG) geregelt. Zudem ist die Beschaffenheit von Wasser für den menschlichen Gebrauch grundsätzlich in der TrinkwV und dem Infektionsschutzgesetz (IfSG) auf Bundesebene definiert.

Die gemeinsame Schnittmenge von Wasserrecht und Zivilschutz ist im Wassersicherstellungsgesetz (WasSiG) und den daran angelehnten Wassersicherstellungs-verordnungen (1. und 2. WasSV) geregelt.

2.1 Gesetzliche Regelungen zum Zivil- und Katastrophenschutz

Der Zivilschutz ist Aufgabe des Bundes und im ZSKG geregelt. Ergänzend dazu wird der Katastrophenschutz auf Landesebene geregelt und die Zuständigkeiten gemäß der erlassenen Gesetze auf die Bundesländer sowie Gemeinden und Landkreise verteilt.

2.1.1 Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz

Gemäß §1 Abs. 1 ZSKG ist die Aufgabe des Zivilschutzes, die Bevölkerung, lebens- oder verteidigungswichtige zivile Dienststellen, Betriebe, sowie Einrichtungen durch nichtmilitärische Maßnahmen vor Kriegseinwirkungen zu schützen. Zudem werden in § 1 Abs. 2 ZSKG unter 5. der Katastrophenschutz nach den Vorgaben des § 11 ZSKG und unter 6. die Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit als insbesondere zum Zivilschutz gehörig aufgeführt. Somit schafft das ZSKG die Grundlage der Zivilschutz- und Katastrophenschutzplanung seitens des Bundes. In § 11 ZSKG ist die Einbindung des Katastrophenschutzes seitens der Länder in den Zivilschutz, als auch die Möglichkeit der ergänzenden Ausstattung des Katastrophenschutzes durch den Bund geregelt. Explizit in den Bereichen Brandschutz, Schutz vor atomaren, biologischen und chemischen Gefahren (ABC-Schutz), Sanitätswesen und Betreuung erfolgt nach § 13 ZSKG eine ergänzende Ausstattung durch den Bund. Bei der Verzahnung von Zivil- und Katastrophenschutz erfolgt eine Abstimmung zwischen den obersten Landesbehörden und dem Bund. Zudem kann die Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW) in den Katastrophenschutz eingebunden werden. Um eine Unterstützung des Bundes auf Ebene des Katastrophenschutzes zu ermöglichen, können die Länder laut § 12 ZSKG die für den Zivilschutz zur Verfügung gestellten Vorhaltungen und Einrichtungen auch im Katastrophenfall nutzen. Weiterführend ist in § 18 ZSKG die Zusammenarbeit von Bund und Ländern detaillierter geregelt. In Kooperation von Bund und Ländern sind bundesweite Risikoanalysen durchzuführen und der Bund berät und unterstützt die Länder beim Schutz Kritischer Infrastrukturen. Die so entstehenden Rahmenkonzepte für den Zivilschutz dienen zudem als Empfehlung für den Katastrophenschutz der Länder, wenn eine gesamtstaatliche Zusammenarbeit erforderlich ist. Ergänzend ist in § 21 ZSKG die Planung der gesundheitlichen Versorgung für den Verteidigungs- und Katastrophenfall und daraus resultierende Verantwortlichkeiten näher aufgeführt. In § 21 ZSKG ist geregelt, dass die nach Landesrecht zuständigen Behörden unter Einbeziehen von Berufsvertretungen und Trägern von Einrichtungen der Gesundheitsversorgung Maßnahmen zur gesundheitlichen Versorgung der zivilen Bevölkerung im Verteidigungsfall zu planen haben. Dabei können Träger von Gesundheitseinrichtungen zum Herausgeben von Informationen verpflichtet werden und die jeweiligen Behörden anordnen, dass Krankenhäuser für den Zivil- und Katastrophenschutzfall Einsatz- und Alarmpläne vorhalten.

2.2 Rechtliche Grundlage der Wasserversorgung

Das Wassersicherstellungsgesetz und die Wassersicherstellungsverordnungen regeln die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung im Verteidigungsfall, sind jedoch neben dem ZSKG die relevanteste rechtliche Grundlage zur Sicherstellung der Wasserversorgung in Ausnahmefällen und finden daher auch für den Bevölkerungs- und Katastrophenschutz Anwendung. Neben den Gesetzen zur Sicherstellung der Wasserversorgung wird die Art und die Qualität von Trinkwasser in der Trinkwasserverordnung und dem Infektionsschutzgesetz geregelt sowie der Umgang mit der Ressource Wasser allgemein im Wasserhaushaltsgesetz.

2.2.1 Wasserhaushaltsgesetz

Das Wasserhaushaltsgesetz dient dem Schutz von Gewässern und regelt hierfür eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung in § 1 WHG. Gemäß § 2 WHG umfasst der Begriff „Gewässer“ unter anderem „oberirdische Gewässer“ und „Grundwasser“. Zudem regelt das Gesetz in § 50 WHG, dass die öffentliche Wasserversorgung eine Aufgabe der Daseinsvorsorge ist und somit einen hohen Stellenwert besitzt.

Nach § 8 WHG bedarf jede Nutzung von Gewässern einer Erlaubnis oder Bewilligung, wobei hierbei die Abwehr einer gegenwärtigen Gefahr für die öffentliche Sicherheit explizit ausgenommen ist, wenn die Auswirkungen auf das Gewässer geringer sind als der drohende Schaden durch die Gefahr selbst. Für diesen Zweck sind das vorübergehende Entnehmen von Wasser allgemein als auch das Wiedereinleiten von Wasser durch eine bewegliche Anlage frei von Erlaubnis bzw. Bewilligung nach § 8 Abs. 3 WHG. Es besteht jedoch eine Informationspflicht an die zuständige Behörde und nach § 89 WHG kann bei einer nachteiligen Veränderung der Wasserqualität Schadensersatz gegen den Ausführenden gefordert werden. In der Regel sind die Behörden der Bundesländer für die Gewässeraufsicht zuständig, jedoch kann diese Aufgabe nach § 102 WHG auf das Bundesministerium der Verteidigung übertragen werden und somit muss eine Meldung an dieses Ministerium erfolgen.

2.2.2 Trinkwasserverordnung

Die Trinkwasserverordnung regelt gemäß § 1 TrinkwV die Sicherstellung der Genussstauglichkeit sowie der Reinheit von Wasser, welches für den menschlichen Genuss sowie Gebrauch vorgesehen ist, um nachteilige Einflüsse auf den Menschen zu vermeiden. Nach § 3 TrinkwV ist Trinkwasser als Wasser jeglicher Aggregatzustände zu verstehen, welches für den menschlichen Gebrauch (Trinken, Kochen, zur Körperpflege und –reinigung oder zur Reinigung von Gegenständen, welche mit Lebensmitteln oder nicht nur vorübergehend mit dem menschlichen Körper in Kontakt kommen) definiert. Ausgeschlossen sind natürliche Mineralwasser sowie Schwimm- und Beckenwasser.

Um eine Schädigung der menschlichen Gesundheit auszuschließen, muss Trinkwasser die Anforderungen gemäß §§ 4 bis 7a TrinkwV einhalten, welche sich auf mikrobiologische, chemische

und radiologische Parameter im Trinkwasser beziehen und für die Grenzwerte im Anhang der TrinkwV festgelegt sind. Sollte die Einhaltung der geforderten Grenzwerte nicht möglich sein, kann das Gesundheitsamt das Trinkwasser gemäß §§ 9 und 10 TrinkwV trotzdem freigeben, nachdem Nutzen und Gefahren abgewogen wurden. Hierbei sind Dauer, Art und Wert der Überschreitung festzulegen, die betroffene Bevölkerung ist ausreichend darüber zu informieren und ihr sind eigenverantwortliche Maßnahmen zur Trinkwasserbearbeitung zu nennen. Zudem ist die Freigabe des Gesundheitsamtes gemäß §§ 9 und 10 TrinkwV in manchen Fällen ausschließlich auf Zustände, die die öffentliche Sicherheit bedrohen, beschränkt und die Gefahren, die durch den Ausfall der Wasserversorgung entstehen können, sind in die Abwägung der Freigabe einzubeziehen.

Für die Trinkwasseraufbereitung führt das Umweltbundesamt gemäß TrinkwV eine Liste mit geeigneten und zugelassenen Maßnahmen. Neben den allgemein zugelassenen Maßnahmen nennt die Liste in Teil III spezielle Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren für den zivilen Bedarf im Verteidigungsfall, als auch für Katastrophenfälle und Großschadensereignisse. Diese Verfahren dürfen mit Zustimmung der zuständigen Katastrophenschutzbehörde verwendet werden.

Neben den Verfahren zur Wasseraufbereitung werden in der TrinkwV auch Anforderungen an Anlagen zur Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung von Trinkwasser gestellt. Die verwendeten Werkstoffe und Materialien dürfen nach § 17 TrinkwV die menschliche Gesundheit, Geruch und Geschmack des Wassers, als auch die chemischen Parameter von Trinkwasser nicht negativ beeinflussen.

2.2.3 Wassersicherstellungsgesetz

Das Wassersicherstellungsgesetz regelt gemäß § 1 WasSiG die grundsätzliche Sicherstellung der Wasserversorgung der Zivilbevölkerung und der Streitkräfte im Verteidigungsfall. Hierbei ist zum einen der lebensnotwendige Bedarf an Trinkwasser als auch die Versorgung mit Betriebswasser in unentbehrlichem Umfang geregelt. Hierzu sind auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft Maßnahmen zu treffen, welche sich nach den untergeordneten Rechtsvorschriften zu richten haben. Das Gesetz ermöglicht nach § 2 Abs. 1 WasSiG eine Verpflichtung von Wasserversorgungsunternehmen (WVU) zu Maßnahmen, die der Wasserversorgung der Zivilbevölkerung dienen. Sollte es sich hierbei nicht um öffentlich-rechtliche Körperschaften handeln, ist die Gemeinde dazu verpflichtet, die geforderten Maßnahmen im Sinne von § 1 WasSiG sicherzustellen. Die notwendigen Maßnahmen sind durch die Landkreise und kreisfreien Städte zu planen, dies kann aber an kommunale Zusammenschlüsse oder Zweckverbände der Wasserversorgung delegiert werden. Diese schlagen der zuständigen Behörde für die Verteidigung sowie die gesamte zivile Notstandsplanung Maßnahmen gemäß § 4 Abs. 3 WasSiG vor. Neben der örtlichen Planung kann die Bundesregierung nach § 3 WasSiG regeln, welche Menge an Trink- und Betriebswasser vorzuhalten ist und welche Qualitäten dieses Wasser zu erfüllen hat. Zudem kann die Bundesregierung die Ausstattung dieser Anlagen mit

zusätzlichen Maschinen zur Wasseraufbereitung, Wasserverteilung als auch die Vorhaltung von Ersatzteilen und Treibstoffen sowie deren Lagerung gemäß §§ 11 und 12 WasSiG regeln.

Anlagen, die zum Zweck von § 1 WasSiG errichtet wurden, und die Ausstattung dieser Anlagen, die nach § 11 WasSiG beschafft wurde, dürfen nach § 8 WasSiG nur mit Zustimmung der zuständigen Behörde anderweitig verwendet werden. Die Ausführung der geforderten Maßnahmen wird gemäß § 16 Abs. 1 WasSiG den Ländern, den Gemeinden und Gemeindezweckverbänden auferlegt. Diese haben gemäß § 17 WasSiG die personellen, materiellen und organisatorischen Voraussetzungen zur Durchführung von Maßnahmen zu schaffen.

2.2.4 1. und 2. Wassersicherstellungsverordnung

Im WasSiG werden Maßnahmen und Zuständigkeiten grundlegend geregelt und in untergeordneten Rechtsvorschriften konkretisiert. Hierfür wurden die 1. und die 2. Wassersicherstellungsverordnung erlassen.

Die 1. WasSV regelt hierbei gemäß § 2 Abs. 1 und Abs. 2 WasSV die Bemessung des lebensnotwendigen Bedarfs an Trinkwasser sowie in § 4 WasSV die notwendige Menge an Betriebswasser. Als notwendig gemäß der 1. WasSV sind 15 L pro Tag für jede Person vorzuhalten. § 2 Abs. 2 WasSiG regelt, dass für Einrichtungen für pflegebedürftige Personen 75 L je Bett und Tag vorzuhalten sind. Zudem sind in chirurgischen und Infektionskrankenanstalten als auch für Fachabteilungen in Krankenhäusern 150 L je Bett und Tag vorzuhalten. Des Weiteren ist in § 3 WasSV die Bindung an die TrinkwV geregelt. Gemäß § 3 Satz 1 WasSV darf von Trinkwasser aus Anlagen, die der Deckung des lebensnotwendigen Bedarfs an Trinkwasser im Verteidigungsfall dienen, keine Gefahr für die menschliche Gesundheit ausgehen. Hierbei ist eine Schädigung durch Krankheitserreger als auch durch andere Stoffe auszuschließen. Sollte die geforderte Qualität nicht erreichbar sein, so kann das zuständige Gesundheitsamt das Wasser nach § 3 Abs. 2 WasSV für diesen Zweck freigeben, jedoch nur, wenn geringfügige und zeitlich begrenzte gesundheitliche Störungen zu befürchten sind. Betriebswasser muss für den Weiterbetrieb von Einrichtung gemäß § 4 WasSV in ausreichenden Mengen vorgehalten werden und darf nach § 5 WasSV keine Gesundheitsschädigung an Mitarbeitern verursachen.

Die 2. WasSV regelt die bauliche Ausführung und die Art der zu verwendenden Materialien bei Brunnen und Quelfassungen die dem Zweck des WasSiG dienen.

2.2.5 Infektionsschutzgesetz

Das Infektionsschutzgesetz regelt in Abschnitt 7 grundsätzliche Anforderungen an Trinkwasser sowie die Anforderungen an Wasser in Schwimm- und Badebecken. In § 37 Abs. 1 IfSG wird vorgegeben, dass von Wasser für den menschlichen Genuss oder Gebrauch keine Gefahr für die Gesundheit ausgehen darf. Im Speziellen darf eine Gefährdung durch Krankheitserreger nicht zu befürchten sein. Dasselbe gilt für Wasser aus Schwimm- und Badebecken, wobei hier eine Desinfektion als Aufbereitungsverfahren verpflichtend ist. Nach § 37 Abs. 2 IfSG obliegt die

Überwachung von Anlagen zur Wassergewinnung und Badegewässern dem jeweiligen Gesundheitsamt und das Bundesministerium für Gesundheit regelt gemäß § 38 Abs. 1 IfSG die zu Grunde liegenden Anforderungen an Wasser sowie die baulichen Anlagen und technischen Einrichtungen in Verbindung mit Trinkwasser.

2.3 Konzepte zum Schutz Kritischer Infrastrukturen

Zur Umsetzung der vorwiegend strategischen Anforderungen zum Schutz der KRITIS sind insbesondere die folgenden, grundlegenden Konzepte im Kontext dieser Arbeit von großer Bedeutung:

- Die Konzeption Zivile Verteidigung (KZV) befasst sich ursprünglich vorwiegend mit dem Verteidigungsfall und der damit verbundenen Notversorgung der Bevölkerung. Sie bildet den zivilen Gegenpart zur Planung der Bundeswehr. In der Neufassung von 2016 wurde der Fokus der KZV auf eine stärkere Verknüpfung von Planung für den Verteidigungsfall und Planung für friedenszeitliche Großschadenslagen gelegt. Die KZV fasst die rechtlichen Forderungen zu den Themen Schutz der Zivilbevölkerung und Amts- und Katastrophenhilfe durch den Bund zusammen. Auf eine Erläuterung von spezifischen konzeptionellen Anforderungen wird bewusst verzichtet. [BMI, 2016]
- Das Basisschutzkonzept zum Schutz Kritischer Infrastrukturen bietet grundlegende Informationen für Kritische Infrastrukturen um die Vulnerabilität dieser gegenüber schädigenden Ereignissen zu reduzieren, angefangen von Gefährdungsanalysen, Festlegung von Schutzziele bis hin zum Risikomanagement. Zudem stellt es Dokumente zur Anwendung in den genannten Feldern im Anhang zur Verfügung. Das Konzept ermöglicht einen Überblick über das Thema. [BMI, 2005]
- Die nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen ermöglicht in Form eines politisch-strategischen Ansatzes einen weiteren Überblick über das Thema. Das Dokument ist eine Zusammenfassung der Zielvorstellungen seitens des Bundes und dient der zielgerichteten Fortsetzung bisheriger Maßnahmen. Zur Ausführung der Planung wird an den Leitfaden Risiko- und Krisenmanagement für Betreiber Kritischer Infrastrukturen verwiesen. Zudem wird die Selbstverpflichtung zur Erarbeitung von Schutzkonzepten für Unternehmen aufgeführt. [BMI, 2009]
- Der Leitfaden „Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko- und Krisenmanagement für Unternehmen und Behörden“ ist ein Managementkonzept für Kritische Infrastrukturen. Ziel des Konzeptes ist der Aufbau eines Risiko- und Krisenmanagements in Unternehmen und Behörden. Hierbei stehen die strukturierte Ermittlung von Risiken, die Ableitung von vorbeugenden Maßnahmen und der effiziente und effektive Umgang mit Krisen im Vordergrund. Der Leitfaden empfiehlt dafür fünf Phasen:

1. Vorplanung zur Einrichtung, um das Risikomanagement grundlegend in den Strukturen des Unternehmens zu verankern,
 2. Risikoanalysen, um ein Risikobild und Risikoschwerpunkte abzuleiten,
 3. Vorbeugende Maßnahmen, um die Resilienz der Infrastruktur zu erhöhen
 4. Krisenmanagement, um im Ereignisfall in Form einer Sonderorganisation arbeitsfähig zu bleiben und
 5. die Evaluierung des Risiko- und Krisenmanagements, um eine stetige Verbesserung zu ermöglichen. [BMI, 2011]
- Die Fachinformation „Schutz Kritischer Infrastruktur: Risikomanagement im Krankenhaus Leitfaden zur Identifikation und Reduzierung von Ausfallrisiken in Kritischen Infrastrukturen des Gesundheitswesens“ ist ein Spezialschutzkonzept für Betreiber von KRITIS im Gesundheitswesen. Es handelt sich um ein Managementkonzept zum Umgang mit außergewöhnlichen Gefährdungslagen in Gesundheitseinrichtungen. Es dient dem Auf- und Ausbau des unternehmensinternen Risikomanagements. Das Dokument behandelt in einem eigenen Kapitel die Thematik eines Ausfalls der öffentlichen Trinkwasserversorgung und gibt hierzu grundlegende Informationen zur Sicherstellung. [BBK, 2008]
 - Die Handlungsempfehlung „Sicherheit der Trinkwasserversorgung Teil 1: Risikoanalyse“, herausgegeben durch das BBK, erläutert die relevanten und notwendigen gesetzlichen Rahmenbedingungen, Regelwerke und Normen im Kontext der Versorgungssicherheit. Es dient als Handlungsempfehlung für die Aufgabenträger der WVU und umfasst einen Handlungsrahmen für die Umsetzung der Risikoanalyse in den Unternehmen und Behörden als einen wichtigen Baustein für eine sichere Trinkwasserversorgung. [Wienand & Hasch, 2016]

Die vorliegenden Konzepte zum Schutz Kritischer Infrastrukturen bieten einen Überblick über das Thema Risiko- und Krisenmanagement für Kritische Infrastrukturen. Viele Fachinformationen des Bundes dienen als Überblicke über die rechtliche Situation und die gewünschte politisch-strategische Richtung. Sie dienen als Handreichungen mit teilweise ausführlichen Empfehlungen für Unternehmen und Behörden, mit dem Ziel die Resilienz aber auch Bewältigung von Krisen durch ein ganzheitliches Risiko- und Krisenmanagement zu verbessern. Somit bilden diese Konzepte die Grundlage für erste Schritte zum Schutz Kritischer Infrastrukturen und werden weiterführend durch Regelwerke und Normen zur technischen Umsetzung ergänzt.

2.4 Relevante technische Normen und Regelwerke zur Ersatzwasserversorgung und zum Risiko- und Krisenmanagement

Im Folgenden werden relevante technische Normen und Regelwerke zur Ersatz- bzw. Notwasserversorgung betrachtet und die für die vorliegende Arbeit relevanten Abschnitte

herausgearbeitet. Zudem werden Normen zu organisatorischen Maßnahmen wie Risiko- und Krisenmanagement für Kritische Infrastrukturen vorgestellt.

Technisch relevante Normen und Regelwerke sind:

- DIN 2001-3:2015-12, Trinkwasserversorgung aus Kleinanlagen und nicht ortsfesten Anlagen – Teil 3: Nicht ortsfeste Anlagen zur Ersatz- und Notwasserversorgung – Leitsätze für Anforderungen an das abgegebene Wasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Anlagen,
- DIN EN 15975-1:2016-3 und DIN EN 15975-2:2013-12, Sicherheit der Trinkwasserversorgung – Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement – Teil 1: Krisenmanagement und Teil 2: Risikomanagement,
- DVGW W 1020 (A):2018-03, Arbeitsblatt W 1020 des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW).

2.4.1 DIN 2001-3:2015-12, Trinkwasserversorgung aus Kleinanlagen und nicht ortsfesten Anlagen

Die DIN 2001-3:2015-12 befasst sich mit der Ersatzwasser- und Notwasserversorgung aus Kleinanlagen und nicht ortsfesten Anlagen. In dieser Norm sind unter anderem die Begriffe „Ersatzwasserversorgung“ und „Notwasserversorgung“ definiert und erläutert. Es werden Anforderungen an das abgegebene Wasser, die Planung, den Bau, den Betrieb und die Instandhaltung der Anlagen gestellt und Möglichkeiten für eine Ersatzwasserversorgung genannt. Zusammengefasst muss das Wasser bei der Ersatzwasserversorgung der TrinkwV entsprechen oder vom Gesundheitsamt freigegeben werden bzw. nach TrinkwV desinfiziert werden. Bei einer Notwasserversorgung gilt dies nicht. Bei der Ersatzwasserversorgung wird von modularen Anlagen gesprochen, welche unter anderem aus Komponenten der Gewinnung, der Reinigung aber auch der Energieversorgung bestehen und über normale Transportwege beförderbar sein müssen. Eine Einsatzbereitschaft sollte binnen eines Arbeitstages herstellbar sein. [DIN 2001-3:2015-12]

Zur Ersatzwasserversorgung werden folgende Möglichkeiten in der Norm genannt:

- Versorgung durch einen anderen Versorger mittels Verbundleitungen,
- Abgepacktes Wasser,
- Notbrunnen,
- Wasserentnahme aus Oberflächengewässern.

2.4.2 DIN EN 15975 Sicherheit der Trinkwasserversorgung – Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement

Die DIN EN 15975 ist in zwei Teile unterteilt. Die Normenreihe besteht aus Teil 1: Krisenmanagement [DIN 15975-1:2016-03] und Teil 2: Risikomanagement [DIN 15975-2:2013-12].

Teil 1 der DIN EN 15975 empfiehlt Arbeitsweisen für die Organisation des Krisenmanagements der WVU. Auf die Zusammenarbeit von WVU und der Gefahrenabwehr im Krisen- und Katastrophenfall, die gemeinsame Planung von Behörden und WVU sowie gemeinsame Übungen wird in der Norm als zielführendes Vorgehen für eine effektive und effiziente Begegnung einer Krise hingewiesen. Weiterführend beschreibt die DIN EN 15975-1 die Aufgaben eines Krisenstabes des WVU und die Ablauforganisation. Diese beinhaltet laut DIN EN 15975-1 die Aktivierung des Krisenstabes, die darauffolgende Beschaffung von Informationen zur Lage und eine aus diesen Informationen resultierende Beurteilung der Lage. Auf Grundlage dieser Bewertung sind Maßnahmen zu beschließen und durchzuführen. [DIN 15975-1:2016-03]

Teil 2 der DIN EN 15975 befasst sich mit dem Risikomanagement von WVU und gibt einen Überblick hierüber. Relevante Inhalte des Risikomanagements sind eine Beschreibung des Trinkwasserversorgungssystems, eine Gefährdungsanalyse, eine Risikoanalyse und Risikobewertung sowie Maßnahmen zur Risikobeherrschung. Final ist das Risikomanagement zu verifizieren. Die Norm bietet einen Überblick, liefert aber keine konkreten Ansätze zur Ausführung. [DIN 15975-2:2013-12]

2.4.3 DVGW W 1020, Arbeitsblatt W 1020 des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e.V.

Das DVGW Arbeitsblatt W 1020 (A) „Empfehlungen und Hinweise für den Fall von Abweichungen von Anforderungen der Trinkwasserverordnung; Maßnahmen und Handlungsplan“ liefert Arbeitshilfen für den im Titel genannten Fall. Für diesen Fall ist ein Maßnahmenplan zu erstellen, der zum Einsatz kommt, wenn eine Ersatztrinkwasserversorgung zur Sicherstellung der Wasserversorgung notwendig wird, weil eine alternative, leitungsgebundene Versorgung unmöglich ist. Das Arbeitsblatt verweist zur Ausführung der Ersatztrinkwasserversorgung auf die DIN 2001-3. Der vom WVU zu erstellende Maßnahmenplan muss alle zu benachrichtigenden Stellen, wie Behörden und Gefahrenabwehr, beinhalten und die Ersatztrinkwasserversorgung ist vollständig zu beschreiben. Hierfür ist die Umsetzung aller möglichen Maßnahmen in detaillierten Einzelschritten niederzuschreiben. [DVGW W 1020 (A):2018-03]

3 Zuständigkeiten der Wasserversorgung

Die Zuständigkeit der Wasserversorgung auf der Seite der Versorgung ist abhängig von der Art der Situation. Im Regelbetrieb sind die Wasserversorgungsunternehmen für die Sicherstellung der Wasserversorgung zuständig und haben für deren Sicherstellung bei Störfällen Maßnahmen gemäß TrinkwV zu treffen. Kommt es zu einer Krise, einer Katastrophe oder zum Verteidigungsfall, so unterstützen die Kommunen die WVU und, sollte das Ereignis ein größeres Ausmaß annehmen, können die Bundesländer Aufgaben zur Ersatzversorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser im Rahmen des Katastrophenschutzes wahrnehmen. Hierfür können Mittel des Bundes (Zivilschutz) zu Hilfe gezogen werden. Im Verteidigungsfall ist der Bund an erster Stelle für die Sicherstellung der Wasserversorgung zuständig. [Wienand & Hasch, 2016, S. 23]

Jedoch ist auch im Regelfall eine Unterscheidung der Zuständigkeiten in Bezug auf das Leitungsnetz notwendig. So übernimmt das WVU die Verantwortung für die Bereitstellung einer ausreichenden Menge und Qualität des Trinkwassers bis zum Übergabepunkt des Kunden, in diesem Fall des Krankenhauses. Dementsprechend ist der Träger des Krankenhauses für sein gesamtes Leitungsnetz sowie alle internen Anlagen zur Wasseraufbereitung, -verteilung und -abgabe selbst verantwortlich. Daraus lässt sich auch die Verantwortung der WVU bzw. des Krankenhauses bei einem technischen Störfall oder anderen Ereignissen ableiten. Das WVU ist für alle Störfälle, aber auch Reparaturen und Wartungen im öffentlichen Leitungsnetz zuständig, das Krankenhaus für alle Maßnahmen im eigenen Leitungsnetz. Somit obliegt die Aufrechterhaltung eines technisch und vor allem hygienisch einwandfreien internen Trinkwasserleitungsnetzes dem Krankenhausbetreiber. Sollte eine Reparatur im Leitungsnetz des Krankenhauses anstehen oder es zu hygienischen Problemen in den Leitungen kommen, ist das Krankenhaus selbst dafür verantwortlich und somit auch für Maßnahmen zur Sicherstellung der medizinischen Versorgung durch eine Ersatzversorgung einzelner Bereiche mit (Trink-)Wasser. Die genannten Verantwortlichkeiten, die Bindung an die TrinkwV sowie die relevanten Gesetze sind in Abbildung 1 in Abhängigkeit des Ausmaßes des Ereignisses dargestellt.

Verantwortung im Bereich der Trinkwasserversorgung und der Leitungsnetze

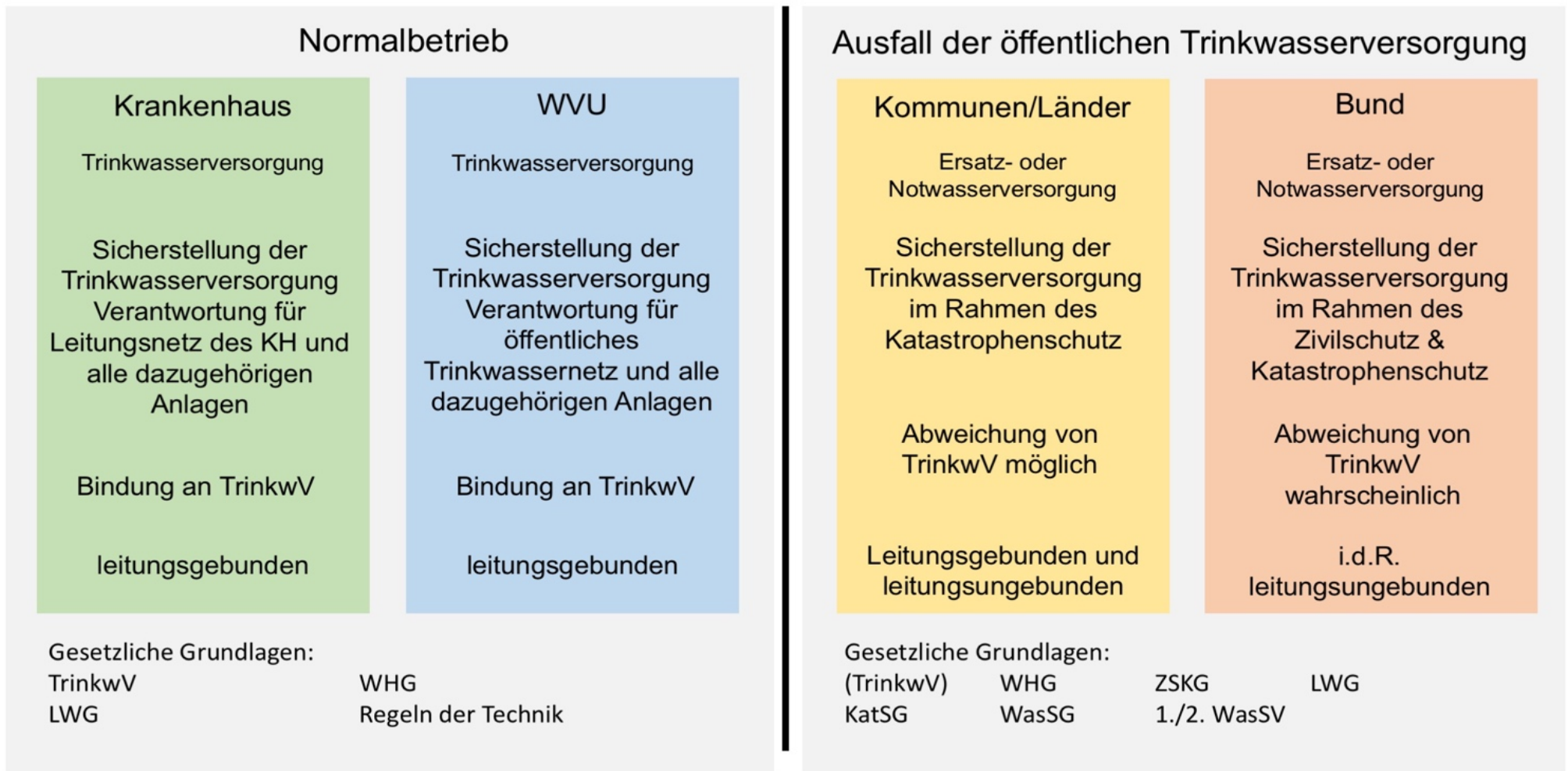


Abbildung 1: Verantwortlichkeiten im Bereich der Wasserversorgung; bearbeitete und ergänzte Darstellung aus [Wienand & Hasch, 2016]

4 Methodik der Arbeit

Zur Bearbeitung der relevanten Fragestellungen wird die Arbeit in zwei große Abschnitte unterteilt. Der erste Abschnitt dient der Gewinnung von Informationen aus der Fachliteratur sowie einschlägigen Richtlinien und Normen. Die hierfür durchgeführte systematische Literaturrecherche soll einen Überblick über das Thema ermöglichen, Daten zum Wasserverbrauch von Krankenhäusern im Regelbetrieb liefern und Maßnahmen der Versorgung bei Ausfall der öffentlichen Trinkwasserversorgung finden. Für einen Vergleich mit anderen Ländern wird die Literaturrecherche mit deutschen und englischen Suchbegriffen durchgeführt. Die ermittelten Wasserverbrauchswerte dienen als Grundlage für den Vergleich mit den bereitgestellten Wassermengen gemäß WasSV im Notfall und einer Abschätzung des potentiellen Weiterbetriebs durch Wassersparmaßnahmen. Im zweiten Abschnitt werden die Daten aus dem ersten Abschnitt mittels teilstrukturierter, nicht standardisierter Interviews validiert und ergänzt. Ziel ist eine Verbindung der theoretischen Inhalte der Literatur und der Wasserverbrauchsmengen mit den Erfahrungen aus der Praxis, um ein fachgerechtes umfassendes Gesamtbild zu generieren. Aus diesem Gesamtbild können dann weiterführend Maßnahmen für die Aufrechterhaltung des Krankenhausbetriebs abgeleitet und ihre Eignung in Abhängigkeit der herrschenden Bedingungen abgeschätzt werden.

4.1 Leitfrage und untergeordnete Fragestellungen

Um die Komplexität des Themas auf bearbeitbare Fragestellungen zu reduzieren, wurde die Leitfrage, welche Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der kritischen Versorgungsdienstleistungen in Krankenhäusern in den Sektoren Trink- und Betriebswasserversorgung getroffen werden können, in fünf untergeordnete Fragestellungen aufgeteilt:

1. Wie viel Wasser und in welcher Qualität benötigen Krankenhäuser im Regelbetrieb und wie ist das Trinkwassernetz aufgebaut?
2. Welche Prozesse und Abteilungen benötigen welche Qualitäten und Mengen an Wasser?
3. Wie wird die Wasserversorgung im Ereignisfall sichergestellt und welche Einschränkungen gibt es hier aus organisatorischer, aber auch hygienischer Sicht?
4. Wie groß ist der Wasserbedarf im Minimalbetrieb, in welchen Bereichen kann Wasser gespart werden und, im Umkehrschluss, welche Bereiche müssen unbedingt und in welchem Maß weiterbetrieben werden?
5. Welche Maßnahmen zur Sicherstellung der Wasserversorgung sind möglich und welche Einschränkungen bzw. Probleme ergeben sich daraus? Sind einzelne Maßnahmen in der Praxis bereits zur Anwendung gekommen und welche Erfahrungswerte können daraus gewonnen und genutzt werden?

Die Erkenntnisse der einzelnen Fragestellungen werden im Anschluss an die Literaturrecherche und

die Interviews zusammengeführt und sollen eine wissenschaftlich fundierte Betrachtung der Leitfrage und daraus resultierende Empfehlungen ermöglichen.

4.2 Systematische Literaturrecherche

Der gesamte Prozess der Literaturrecherche wird systematisch durchgeführt und ausgewertet. Hierfür werden Suchbegriffe festgelegt, Quellen in einer primären und einer sekundären Literaturrecherche gesucht, gesichtet sowie bewertet. Bei Bedarf und sehr vielversprechenden Quellen werden im Anschluss aus etwaigen Reviews und Artikeln in Fachzeitschriften primäre Quellen über ein Schneeballsystem ermittelt.

Die Literaturrecherche wird in drei Abschnitte untergliedert:

Zu Beginn wird in einer primären Suche mit allgemeinen Suchbegriffen in alltäglichen Suchmaschinen (Google.de/Google.com) nach Informationen gesucht. Die primäre Literaturrecherche dient als Machbarkeitsstudie zum gewählten Thema und befasst sich mit der Fragestellung, inwieweit ausreichend Literatur und Studien in wissenschaftlicher Qualität zum Vergleich mit den Ergebnissen der Leitfadeninterviews vorliegen und ob diese Quellen mit den definierten Suchbegriffen auch adäquat gesucht werden können. Die primäre Literatursuche erfolgt mit deutschen sowie englischen Suchbegriffen.

Im zweiten Schritt wird mit spezifischen Suchbegriffen in wissenschaftlichen Datenbanken nach verwendbarer Literatur gesucht. Hierfür werden die Suchbegriffe aus der primären Literaturrecherche im Vorhinein mit den gewonnenen Erkenntnissen spezifiziert und optimiert. Zudem werden die zur Suche verwendeten Datenbanken festgelegt, um mit einem genau definierten Arbeitsablauf ein wissenschaftlich aussagekräftiges Ergebnis und eine Reproduzierbarkeit zu erzielen. Die sekundäre Literaturrecherche wird hierfür auch mit deutschen sowie englischen Suchbegriffen durchgeführt.

Um evidenzbasierte wissenschaftliche Arbeiten zu finden, wird die sekundäre Literaturrecherche in den nachfolgenden Datenbanken durchgeführt:

- Google Scholar,
- Fachinformationsstelle (FIS) des BBK,
- SpringerLink,
- ScienceDirect (Elsevir),
- DigiBib der Hochschulbibliothek,
- PubMed (Nur Englisch),
- Web of Science (Nur Englisch),
- Bielefeld Academic Search Engine (BASE).

Im dritten Schritt werden die bei der Literaturrecherche gefundenen Quellen gesichtet, vollständig durchgearbeitet und mittels der Ein- und Ausschlusskriterien in Tabelle 2 auf Eignung für die

genannten Fragestellungen hin überprüft. Thematisch werden zum einen Quellen eingeschlossen, die explizit Wasserverbrauchswerte im Regelbetrieb liefern, und zum anderen Quellen, die sich mit der Sicherstellung der Versorgung, Trinkwasserhygiene und Anforderungen an Krankenhäusern befassen. Zeitlich werden Quellen ab 1965 berücksichtigt, da die 1. Wassersicherstellungsverordnung (WasSV) aus dem Jahr 1965 stammt. Quellen in den Sprachen deutsch und englisch werden einbezogen, da der Verfasser diese Sprachen, auf einem für wissenschaftliche Arbeiten notwendigen Niveau, beherrscht. Die vorliegenden Quellen werden zudem auf ihre Wissenschaftlichkeit, Aussagekraft, Glaubhaftigkeit und hinsichtlich ihrer Methodik und Ausarbeitung überprüft.

Tabelle 2: Ein- und Ausschlusskriterien der gefundenen Quellen

Kriterium	Einschluss	Ausschluss
thematisch	- Wasserverbrauchswerte - Sicherstellung der Trinkwasserversorgung - Trinkwasserhygiene - Normen und Richtlinien zur Wasserversorgung - Anforderungen an KH's	Werke, die sich nicht hinreichend Spezifisch mit der Thematik befassen und nicht zu der gewählten Fragestellung beitragen
zeitlich	1965-2018	vor 1965
Sprache	Deutsch, Englisch	sonstige
Wissenschaftlichkeit, Aussagekraft und Glaubhaftigkeit	- wissenschaftliche Veröffentlichungen mit Review - Veröffentlichungen von Fachgesellschaften - Veröffentlichungen von Behörden - Rechtlich verbindliche Werke (Richtlinien, Normen, etc.)	- Fragliche Wissenschaftlichkeit von Arbeiten - Veröffentlichungen von geringer Aussagekraft - Werke, bei welchen die Herkunft der Quelldaten nicht ersichtlich bzw. nicht wissenschaftlich ist

Bei Büchern, die in mehreren Auflagen veröffentlicht wurden, stellt jede Auflage eine eigene Quelle dar, da sich Inhalte, Untersuchungsergebnisse und Studien im Verlauf der Zeit ändern können und auch ältere Daten von Interesse für die Masterarbeit sind.

4.3 Teilstrukturierte, nicht standardisierte Interviews

Zur Bearbeitung der Fragestellung aus einer praktischen Perspektive wird ein explorativer, qualitativer Ansatz zur Datenerhebung und Auswertung gewählt. Hierfür werden teilstrukturierte, nicht systematische Interviews mit Beteiligten und Experten geführt.

Der explorative Ansatz ist erforderlich, da es derzeit nahezu keine Untersuchungen zum Thema der Trinkwassernotversorgung von Krankenhäusern gibt. Die Datenlage ermöglicht nur einen Einblick

sowie einen kleinen Überblick über den gesamten Themenkomplex. Eine derart geringe Ausgangsdatenlage und der gewählte explorative Ansatz führen dann zu einer qualitativen Betrachtung der Thematik. Zwar ist die Auswertung der benötigten Wassermenge als quantitative Betrachtung zu verstehen, die Erarbeitung von Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Versorgung erfolgt jedoch rein qualitativ. Hierzu werden die aus der Literatur gewonnen Erkenntnisse mit den Einschätzungen und Erfahrungen der Interviewpartner verglichen und daraus eine Maßnahmenempfehlung generiert.

Die mäßige Ausgangslage in Bezug auf Daten zur Notversorgung von Krankenhäusern mit Trinkwasser begründet auch die Wahl von teilstrukturierten, nicht systematischen Interviews. Diese werden anhand von Interviewleitfäden geführt, jedoch erfolgt die Fragestellung in den Interviews bewusst in einem offenen Rahmen, um die Unterschiede der verschiedenen Krankenhäuser und Krankenhausalarmplanungen, ohne diese vorher genau zu kennen, erfassen zu können.

Es wird je ein Gesprächsleitfaden für die zu befragenden Gruppen erstellt und die Interviews werden anhand dessen geführt. Ziel ist es, in den Interviews die nötige Tiefe zu erreichen und den Befragten gleichzeitig zu ermöglichen, eigene Erfahrungen zu schildern oder bisher nicht betrachtete Aspekte einfließen zu lassen. Es werden insgesamt fünf Gesprächsleitfäden für insgesamt 4 Bereiche erstellt. Die Fragen der Interviewleitfäden, sowie ihre Zuordnung zu den Fragestellungen der vorliegenden Arbeit sind in Tabelle 3 dargestellt. Die Darstellung der Fragen erfolgt in Tabelle 3 ohne die Hinweise für den Interviewführenden, welche in den Interviewleitfäden in Anhang I: Interviewleitfäden enthalten sind.

Erste Gruppe der Interviewpartner sind die verantwortlichen „Notfallbeauftragten“ von Krankenhäusern. Ziel der Interviews ist ein Überblick über die derzeitige Notfallplanung in Bezug auf den Ausfall der Wasserversorgung mit Hinblick auf Maßnahmen, die zur Erhöhung der Resilienz getroffen wurden und zur Vorbereitung auf mögliche Ereignisse. Der Interviewleitfaden ist in Anhang I.II: Interviewleitfaden „Notfallfallplanung“ zu finden.

Die zweite Gruppe der Interviewpartner stellen leitende technische Mitarbeiter von Krankenhäusern dar. Diese Interviews sollen einen Überblick über den realen Wasserbedarf von Krankenhäusern in einzelnen Sektoren geben, Sparpotentiale durch Abschalten von Anlagen oder Reduzierung der Wasserqualität ermitteln und die Möglichkeit der Einspeisung von Wasser in das Krankenhausnetz beleuchten. Fokus liegt auf der technischen Machbarkeit von Maßnahmen sowie dem Aufbau des Leitungsnetzes und der daraus resultierenden Resilienz oder etwaigen Komplikationen. Der Interviewleitfaden ist in Anhang I.II: Interviewleitfaden „Technik Wasserversorgung“ zu finden.

Die dritte Gruppe der Interviewpartner stellen Mitarbeiter von Gesundheitsämtern und Experten der Krankenhaushygiene dar. Im Hinblick auf die rechtlichen Forderungen zur Qualität ist dieser Fachbereich zwingend in die Notfallversorgung von Krankenhäusern einzubeziehen. In diesen Interviews werden Maßnahmen unter einem hygienischen Gesichtspunkt beleuchtet, die in der

Literaturrecherche als „prinzipiell möglich“ identifiziert wurden. Die Abwägung von Maßnahmen in Abhängigkeit von der Größe des Ereignisses, der Folgen von Maßnahmen für die Krankenhaushygiene und die hygienische Vertretbarkeit im Einzelfall stehen hierbei im Fokus. Der Interviewleitfaden „Hygiene“ ist für die beiden Gruppen, Gesundheitsämter und Krankenhaushygieniker, angepasst, da neben den hygienischen Aspekten auch organisatorische Punkte erfragt werden. Die Interviewleitfäden sind in Anhang I.III: Interviewleitfaden „Trinkwasserhygiene“ zu finden.

Der vierte Interviewleitfaden ist nicht an eine spezielle Gruppe von Interviewpartnern gerichtet, sondern befasst sich im Allgemeinen mit der Erfassung von bisherigen Erfahrungswerten aus der Notfall- bzw. Ersatzwasserversorgung von Krankenhäusern. Es sollen möglichst viele Erfahrungswerte aus diesen Ereignissen erfasst und abgebildet werden. Der vierte Interviewleitfaden orientiert sich im größten Maß an dem gewählten explorativen Ansatz, da die Datenlage der Literatur zu diesem Themenbereich sehr gering ist und somit ein sehr großer Anteil an Informationen aus den Interviews generiert werden soll. Daher können kaum Erkenntnisse zum Vergleich bzw. zur Validierung aus der Literatur in den Interviewleitfaden eingearbeitet werden und es wird den Interviewpartnern ermöglicht, ihre Informationen frei einfließen zu lassen. Dabei steht auch der Grund für die Notfallwasserversorgung im Hintergrund und die Erkenntnis aus den Ausführungen bildet den Fokus. Der Interviewleitfaden ist in Anhang I.IV: Interviewleitfaden „Erfahrungen zur Trinkwassernotversorgung“ zu finden.

Da in den Interviews teilweise Fragen gestellt werden, die nicht ad hoc beantwortet werden können, bspw. Wasserverbrauchsmengen, werden die Interviewleitfäden den Interviewpartnern bereits vor den Interviews zur Verfügung gestellt, sodass sich diese auf die Interviews vorbereiten können.

Um wissenschaftliche, nachvollziehbare und belegbare Daten zu ermitteln, werden die Interviews aufgezeichnet und im Anschluss transkribiert. Die erstellten Transkripte dienen der wissenschaftlichen Auswertung.

4.3.1 Stichprobe der Feldstudie

Um eine ausreichend große Stichprobe zu erhalten, wurden insgesamt zwei Gesundheitsämter (Großstadt und Landkreis), zwei Universitätskliniken (Krankenhäuser der Maximalversorgung), ein Kreiskrankenhaus (Regelversorger) und eine Spezialklinik (Herzzentrum) ausgewählt.

Bei den Gesundheitsämtern handelt es sich zum einen um das Gesundheitsamt Köln in Nordrhein-Westfalen (NRW), welches als Gesundheitsamt einer Großstadt die entsprechenden Möglichkeiten und Ressourcen hat, und zum anderen um das Gesundheitsamt des Wetterau Kreises in Hessen, welches aufgrund seiner geografischen Lage und des Aufbaus der dortigen Wasserversorgung bereits Erfahrungen im Bereich der Ersatzwasserversorgungen gemacht hat. Bei dem Gesundheitsamt Köln wurde ein Interview mit zwei Interviewpartnern geführt, einem Fachmann der Krankenhaushygiene und einem Fachmann der Trinkwasserhygiene. Mit dem Gesundheitsamt des Wetterau Kreises wurde

ein Interview mit einem leitenden Angestellten geführt, welcher Erfahrungen im Bereich der Trinkwassernotversorgung von Krankenhäusern hat.

Die beiden Universitätskliniken Freiburg und Bonn wurden aufgrund ihrer Größe und ihrer Fachabteilungen der Krankenhaushygiene gewählt. Das Uniklinikum Freiburg (UKF) hat 1610 Planbetten [Ministerium für Soziales und Integration Baden-Württemberg SozM-BW, 2019] und das Uniklinikum Bonn (UKB) 1224 Planbetten [UKB, 2019]. Das Uniklinikum Bonn hat zudem, durch die hohe Krankenhausdichte in NRW, andere Möglichkeiten in Bezug auf die Unterstützung durch umliegende Maximalversorger als das Uniklinikum in Freiburg, welches in Südbaden das einzige Krankenhaus der Maximalversorgung ist. Im Uniklinikum Bonn wurde ein Interview mit einem Mitarbeiter der Krankenhaushygiene geführt, welcher sich auf dem Gebiet der Trinkwasser(not)versorgung von Krankenhäusern sehr gut auskennt. Im Uniklinikum Freiburg wurden zwei Interviews geführt, einmal mit einem Mitarbeiter der technischen Abteilung, welcher die gesamte Krankenhaustechnik in Verbindung mit Trinkwasser kennt, und einem Facharzt für Hygiene und Umweltmedizin. Beide Krankenhäuser besitzen eigene Anlagen zur Versorgung mit Wärme, Kälte und Dampf für alle notwendigen Bereiche, sowie eigene Küchen, eigene Anlagen zur Sterilisation von Instrumenten und eigene Wäschereien. Sie sind somit, was die genannten Bereiche angeht, autark.

Weiterführend wurde ein Krankenhaus der Regelversorgung ausgewählt, das Kreiskrankenhaus (KKH) in Emmendingen mit 263 Planbetten [SozM-BW, 2019], welches in der Kreisstadt Emmendingen das einzige Krankenhaus darstellt und somit einen hohen Stellenwert in der Patientenversorgung der Region einnimmt. Im KKH Emmendingen wurde je ein Interview einem Mitarbeiter zum Thema Notfallplanung geführt.

Es wurde ein weiteres Interview in einem Krankenhaus der Regelversorgung in Südbaden mit einem Mitarbeiter der technischen Abteilung geführt, auf Wunsch des Interviewpartners wird jedoch auf eine Nennung des Krankenhauses verzichtet.

Des Weiteren ist das Herzzentrum in Bad Krozingen als Fachkrankenhaus für Herzerkrankungen und Herzchirurgie mit 424 Planbetten [SozM-BW, 2019] aufgrund seiner fachlichen Orientierung, der ausführlichen Krankenhauseinsatzplanung sowie der Kritikalität von Patienten auf herzchirurgischen Intensivstationen gewählt worden. Im Krankenhaus Bad Krozingen wurden formal zwei Interviews mit zwei Interviewleitfäden, jedoch nur mit einem Mitarbeiter des Krankenhauses geführt. Dem genannten Mitarbeiter obliegt sowohl die technische Leitung, als auch die Verantwortung für die Notfallplanung des Krankenhauses.

Es wurden insgesamt 8 Interviews in den 6 Einrichtungen mit 9 Interviewleitfäden und 9 Interviewpartnern geführt. Bei den Interviews wurde das Thema Krankenhaushygiene dreimal behandelt, das Thema Krankenhaustechnik zweimal, das Thema Notfallplanung ebenfalls zweimal und der Themenbereich Erfahrungen mit der Notfallversorgung einmal. Damit ist ein idealer

Überblick über alle medizinischen, technischen und organisatorischen Bereiche auf den Ebenen der verschiedenen Versorgungsstufen sowie auf Seiten der Krankenhäuser, als auch der zuständigen Behörden möglich.

4.3.2 Fragestellungen für die Interviewleitfäden

Die Fragen für die Interviews sind aus den Erkenntnissen der Literaturrecherche generiert worden und dienen der Beantwortung der gewählten fünf untergeordneten Fragestellungen der Leitfrage. Da sich die betrachteten Bereiche überschneiden, sind einige Fragen in mehreren Interviewleitfäden zur Anwendung gekommen. Die Fragestellungen lassen sich nicht immer nur einer der fünf zugrundeliegenden Fragestellungen zuordnen. Die erfolgte Zuordnung der Fragen zu den jeweiligen Interviewgruppen und den untergeordneten Fragestellungen ist in Tabelle 3 dargestellt und erfolgt in der chronologischen Reihenfolge der jeweiligen Interviewleitfäden. Der Fokus der Interviews liegt auf den Fragestellungen drei bis fünf, da sich diese aus der Literatur aufgrund des aktuellen Forschungsstandes nur unzureichend beantworten lassen. Die Interviewfragen zur untergeordneten Frage 1 dienen unter anderem der Ermittlung der Resilienz der Wasserversorgung. Die untergeordnete Fragestellung 2 wird in den Interviews nur in geringem Umfang betrachtet, da bei der Literaturrecherche festgestellt wurde, dass eine kleinzellige Überwachung des Wasserbedarfs in Krankenhäusern (bspw. Wasserzähler für einzelne Stationen oder Bereiche) nach aktuellem Stand der Technik keine Anwendung finden und somit entweder keine oder nur eine sehr grobe Aussage über den Wasserverbrauch einzelner Bereiche und Prozesse durch die Interviewpartner zu erwarten ist.

Tabelle 3: Fragen der Interviewleitfäden nach Bereichen und zugehörigen Fragestellungen der Masterarbeit sortiert

Frage	Bereich	Untergeordnete Fragestellung
Woher kommt das (Trink-)Wasser des Krankenhauses im Regelfall?	Technik	1
Wie viele Zuleitungen zum Krankenhaus gibt es?	Technik	1
Können Teile des internen Wassernetzes komplett abgetrennt werden?	Technik	1
Wie hoch ist der Wasserverbrauch des Krankenhauses und in welcher Qualität wird Wasser benötigt?	Technik	1/2
Welche technischen Anlagen und Bereiche sind besonders wasserintensiv?	Technik	2
Gibt es im Regelbetrieb Wassersparmaßnahmen?	Technik	4
Wie wird eine Alternativ-/ Notfallversorgung durch das Krankenhaus sichergestellt und welche Mengen stellt diese zur Verfügung?	Technik	3
Gibt es Einspeisungsmöglichkeiten ins Kliniknetz?	Technik	5
Wie wird die Versorgungspriorität im Notfall festgelegt?	Technik	2/4
Wie kann der Wasserverbrauch von technischen Anlagen im Notfall reduziert werden?	Technik	4
In welchen Bereichen gibt es Unterschiede in der Jahreszeit/Tageszeit in Bezug auf Möglichkeiten der Einsparung bzw. Einsparpotentiale?	Technik	3
Wie weit kann die Durchflussmenge bei einer reduzierten Einspeisung/Abgabe im Leitungsnetz reduziert werden?	Technik	2/3
Sind andere kritische (Notfall-)Systeme von der Wasserversorgung abhängig und welche Wasserqualität ist hierfür erforderlich?	Technik	3
Wie wird der Brandschutz im Fall eines Ausfalls der Trinkwasserversorgung sichergestellt?	Technik	4
Wie sieht die Umstellung von Notfallbetrieb zurück auf Regelbetrieb aus?	Technik	5

Wie sieht die Notfallplanung in Ihrem Krankenhaus aus?	Notfallplanung	3
Wie ist das Vorgehen beim Ausfall Kritischer Infrastrukturen?	Notfallplanung	3
Welche Bereiche sehen Sie als besonders kritisch und müssen aus medizinischer bzw. technischer Sicht unbedingt aufrecht erhalten werden?	Notfallplanung	4
Wie sieht das Versorgungskonzept bei Ausfall der Trinkwasserversorgung seitens des Krankenhauses aus?	Notfallplanung	3
In welcher Form sind Behörden und Ämter in die Trinkwassernotversorgung des Krankenhauses eingebunden?	Notfallplanung	3
Was, glauben Sie, ist aus hygienischer Sicht das größte Problem bei einem Ausfall der öffentlichen Trinkwasserversorgung im Krankenhaus?	Krankenhaushygiene Gesundheitsamt Erfahrungen Notversorgung	3/5
Wie lange kann das Krankenhaus komplett ohne Wasser auskommen?	Krankenhaushygiene	3/5
In welchen Bereichen wird der Ausfall der Wasserversorgung als Erstes zum Problem?	Krankenhaushygiene	3/5
Gibt es seitens der Gemeinde-/Stadtverwaltung Konzepte zur Notversorgung von Krankenhäusern mit Trinkwasser? Welche Behörden bzw. Abteilungen sind darin involviert?	Gesundheitsamt	3/5
Ab welchem Ausmaß ist die Bezirksregierung zuständig und bis zu welcher Ereignisgröße ist das Krankenhaus als Unternehmen zuständig?	Gesundheitsamt	3
Wie lange darf das Wasser in den Leitungen stehen, bevor ein hygienisches Problem in den Leitungen entsteht?	Krankenhaushygiene Gesundheitsamt	5
Ist eine leitungsungebundene Versorgung möglich und welche Einschränkungen sind aus hygienischer Sicht notwendig?	Krankenhaushygiene Gesundheitsamt	5

Ist eine leitungsgebundene Versorgung von Krankenhäusern möglich? Bspw. Einspeisung von Wasser aus Notbrunnen, Wasser aus Tankfahrzeugen oder Wasser aus mobilen Wasseraufbereitungsanlagen und wie müsste diese aussehen?	Gesundheitsamt	5
Welche Maßnahmen zur Einsparung von Wasser sind hygienisch vertretbar?	Krankenhaushygiene Gesundheitsamt Erfahrungen Notversorgung	4
Kann die Körperpflege von Patienten reduziert werden auf jeden 2ten/3ten/4ten/5ten Tag bzw. eine wasserlose Körperpflege erfolgen?	Krankenhaushygiene	4
Welche Unterschiede gibt es zwischen verschiedenen Tages- oder Jahreszeiten?	Krankenhaushygiene Gesundheitsamt	4
Kann bei einem großflächigen Ausfall der Wasserversorgung die allgemeine Hygiene in der Stadt zu einem hygienischen Problem für das Krankenhaus werden?	Krankenhaushygiene Gesundheitsamt	5
Gibt es Einschränkungen bei der Art der Aufbereitung des Wassers zur Verwendung in Spezialbereichen wie Intensivstationen, OP's, Kreißsälen oder zur Dialyse? Gibt es sonstige Bereiche, auf die bei der Aufbereitung Rücksicht genommen werden muss?	Krankenhaushygiene Gesundheitsamt	5
Welche Aufbereitungsarten eignen sich für die Wasserversorgung von Krankenhäusern?	Krankenhaushygiene Gesundheitsamt	5
Gibt es Maßnahmen, die im Nachhinein zu großen Komplikationen führen?	Krankenhaushygiene Gesundheitsamt	5
Kann für gewisse Verwendungszwecke die Wasserqualität reduziert werden?	Krankenhaushygiene Gesundheitsamt Erfahrungen Notversorgung	4/5

Erfolgt im Regelbetrieb in gewissen Bereichen eine Aufbereitung des Wassers durch bspw. Filterung?	Krankenhaushygiene	3/4
Können Klima-, Heiz- und Belüftungsanlagen abgeschaltet bzw. reduziert werden? In welchen Bereichen ist eine Aufrechterhaltung sinnvoll bzw. notwendig?	Krankenhaushygiene	4
Gibt es die Möglichkeit im Ereignisfall Wasser zu verwenden, welches die Anforderungen von Trinkwasser nicht erfüllt, und wie sieht das Prozedere in diesem Fall aus?	Gesundheitsamt	3/4
Gibt es aus Ihrer Sicht weitere Aspekte, die bei einem Ausfall der öffentlichen Trinkwasserversorgung in Bezug auf die Aufrechterhaltung der Versorgung von Krankenhäusern dringend bedacht werden sollten?	Gesundheitsamt Erfahrungen Notversorgung	3/5
In welchem zeitlichen Rahmen musste(n) das Krankenhaus/die Krankenhäuser mit Trinkwasser versorgt werden?	Erfahrungen Notversorgung	5
Welches Ausmaß hatte die Versorgung in räumlichen Dimensionen?	Erfahrungen Notversorgung	4/5
Wie sah die Versorgung des Krankenhauses/der Krankenhäuser aus?	Erfahrungen Notversorgung	5
Wie viel Planungszeit und Vorbereitungszeit stand Ihnen zur Verfügung?	Erfahrungen Notversorgung	5
Auf welche Probleme sind Sie bei der Notfallwasserversorgung gestoßen und wie haben Sie diese gelöst?	Erfahrungen Notversorgung	5
Welche Bereiche haben Sie versorgt?	Erfahrungen Notversorgung	4/5
Welche Mengen an Trinkwasser haben Sie zur Versorgung bereitgestellt?	Erfahrungen Notversorgung	4/5
Welche Erkenntnisse haben Sie aus dem Ereignis gewinnen können?	Erfahrungen Notversorgung	5
Sind im Anschluss an das Ereignis Veränderungen an bestehenden Konzepten vorgenommen worden bzw. neue Konzepte erarbeitet worden und wie sehen diese aus?	Erfahrungen Notversorgung	5

4.3.3 Methodik zur Auswertung der Interviews

Methodisch ausgewertet werden die Interviews, indem die wesentlichen Aussagen der Interviewteilnehmer aus den Transkripten herausgearbeitet, die einzelnen Antworten zu den jeweiligen Fragestellungen ausgewertet, verglichen und bewertet werden. Die thematische Zuordnung zu den jeweiligen untergeordneten Fragestellungen ist in Tabelle 3 dargestellt.

Zur Auswertung der Interviews wird ein Fallvergleich gewählt. Die Aussagen der Interviewpartner zu den gestellten Fragen werden ausgewertet, der Kern der Aussage, welcher zur Beantwortung der zu Grunde liegenden Fragestellungen der Arbeit dient, herausgezogen, und diese Aussagen dann in Gruppen zusammengefasst. Bei der Zusammenfassung in Gruppen liegt der Fokus anfänglich auf gleichen Aussagen mehrerer Krankenhäuser, um daraus eine Verallgemeinerung aus der gezogenen Stichprobe zu generieren. Im weiteren Verlauf werden Einzelaussagen herausgezogen, ausgewertet und bewertet. Die Verallgemeinerungen und die Einzelaussagen werden weiterführend für einen Vergleich mit den Literaturergebnissen vorbereitet.

5 Aktueller Wissens- und Forschungsstand

Mittels der systematischen Literatursuche wurde eine ausreichende Anzahl an Quellen zur theoretischen Bearbeitung der Thematik gefunden. Die Ergebnisse der Literaturrecherche werden im Folgenden dargestellt. Beginnend mit den rein quantitativen Ergebnissen der Literaturrecherche und weiterführend einer Vorstellung der relevanten Konzepte des Bundes zum Schutz Kritischer Infrastrukturen sowie der einschlägigen technischen Normen. Des Weiteren wird der Wasserbedarf von Krankenhäusern im nationalen und internationalen Vergleich dargestellt, um die untergeordneten Fragestellungen eins und zwei zu beantworten (vgl. Kapitel 4.1), und Konzepte zur (Trink-)Wassernotversorgung von Krankenhäusern aus der Literatur vorgestellt. Auch hier erfolgt ein internationaler Vergleich, um die untergeordneten Fragestellungen drei und vier (vgl. Kapitel 4.1) auf theoretischer Ebene zu bearbeiten.

5.1 Quantitative Ergebnisse der Literaturstudie

Die primäre Suche lieferte insgesamt 233 Treffer und 103 verwendbare Quellen aus der Suchmaschine Google (13 deutsche Suchbegriffe und 9 englische Suchbegriffe, vgl. Anhang IV.I: Suchbegriffe der primären Literaturrecherche). In einem nächsten Schritt wurden die Suchbegriffe für die sekundäre Suche angepasst und 4 deutsche und 4 englische Suchbegriffe ausgeschlossen sowie ein neuer englischer Suchbegriff aufgenommen (vgl. Anhang IV.II: Angepasste Suchbegriffe der sekundären Literaturrecherche). Bei der sekundären Literatursuche wurden 8 wissenschaftliche Datenbanken mit 9 deutschen und 10 englischen Suchbegriffen durchsucht. Ergebnis sind 286 Treffer und weitere 69 verwendbare Quellen.

Alle Quellen wurden unter Verwendung von Keywords in Endnote X8 abgelegt, katalogisiert und erneut detailliert gesichtet. Final stehen 128 verwendbare, zum Thema passende Quellen zur Verfügung. Weitere 44 sind aufgrund der gewählten Ausschlusskriterien aussortiert worden. Von den genannten 128 Quellen beinhalten 71 Quellen Wasserverbrauchswerte von Krankenhäusern, wobei sich 29 Quellen auf deutsche Krankenhäuser und 42 Quellen auf internationale Krankenhäuser beziehen. Die genannten Wasserverbrauchswerte sind unter Angabe der Quelle in Anhang III: Die in Abbildung 2 bis Abbildung 4 verwendeten Zahlenwerte und Quellen dargestellt.

5.2 Zusammenfassung der rechtlichen, konzeptionellen und normativen

Vorgaben

Der Bund übernimmt die Unterstützung und Beratung für den Schutz Kritischer Infrastrukturen zum Zweck des Zivil- und Katastrophenschutzes. Zudem können nach ZSKG Vorhaltungen zum Brandschutz durch den Bund, das THW, als auch Notbrunnen des Bundes im Zivilschutz- und Katastrophenfall rein rechtlich zur Sicherstellung der Wasserversorgung von Krankenhäusern in Ausnahmefällen herangezogen werden. Ergänzend können Krankenhäuser zum Zweck des Zivil- und Katastrophenschutzes verpflichtet werden, sich auf diesen Fall vorzubereiten. Diese Verpflichtung geht jedoch aus den Landeskrankenhausesetzen hervor. Die Umsetzung der Aufgaben nach ZSKG ist ausführlicher in der KZV erläutert. Im Rahmen des Zivil- und Katastrophenschutzes können sich nach WHG beteiligte Behörden und Organisationen ohne Genehmigung an den Vorkommen oberirdischer Gewässer als auch am Grundwasser bedienen, soweit diese dadurch nicht oder nur geringfügig beeinflusst werden. Um den Zugang zum Grundwasser zu ermöglichen, sind nach WasSiG und der 1. und 2. WasSV Brunnen errichtet worden, welche sowohl Bedarf der Bevölkerung als auch der zwingend erforderlichen Einrichtungen im Zivil- und Katastrophenschutzfall decken sollen. Somit ergibt sich, dass die Sicherstellung der medizinischen Versorgung in Krankenhäusern in den Landesgesetzen geregelt ist, diese zuständig sind und diese selbstständig Maßnahmen zur Aufrechterhaltung zu planen haben. Die Trinkwassernotversorgung wird bei Großschadenslagen mit Mitteln des Bundes und des Katastrophenschutzes sichergestellt.

Grundsätzlich ist die Qualität von Trinkwasser im IfSG und der TrinkwV geregelt, wobei die TrinkwV über die mikrobiologische Belastung hinausgeht und auch die chemische sowie radiologische Belastung des Trinkwassers mit einer Obergrenze definiert. Zudem sind Geruch und Geschmack des Trinkwassers nach TrinkwV wichtige Parameter. Sollten diese Vorgaben nicht erreichbar sein, bspw. bei einer Katastrophe oder einem Großschadensereignis, obliegt es dem zuständigen Gesundheitsamt Wasser trotzdem als Trinkwasser freizugeben und ggf. Maßnahmen wie Abkochen des Wassers vorzuschlagen. Ergänzend können die Aufbereitungsverfahren aus Teil III der Liste der zugelassenen Aufbereitungsstoffe zur Anwendung kommen. Da im Besonderen die Trinkwassernotbrunnen des Bundes nicht regelmäßig verwendet und vor allem nicht beprobt werden, kann hier die Trinkwasserqualität nicht immer sichergestellt werden und somit ist mit erhöhter Wahrscheinlichkeit eine Freigabe des Notwassers durch das Gesundheitsamt oder eine zusätzliche Desinfektion nach Teil III der Liste des Umweltbundesamtes erforderlich [Fischer & Wienand, 2013]. Zur Umsetzung der gesetzlichen Forderungen gibt es mehrere grundlegende Konzepte wie die KZV, das Basisschutzkonzept für KRITIS, die Nationale Strategie zum Schutz von KRITIS und den Leitfaden zum Schutz von KRITIS – Risiko- und Krisenmanagement für Unternehmen und Behörden. Die KZV bezieht sich vorwiegend auf den Verteidigungsfall und ist der zivile Gegenpart

zur der Bundeswehrplanung. Sie bietet einen Überblick über die rechtlichen Forderungen. Das Basisschutzkonzept KRITIS befasst sich grundlegend und allgemein mit dem Schutz von KRITIS. Die Nationale Strategie zum Schutz von KRITIS bietet auch einen Überblick über das Thema und weist zudem explizit auf die Verpflichtung der Unternehmen zum Schutz ihrer eigenen Einrichtungen hin. Der angegliederte Leitfaden für Risiko- und Krisenmanagement für Unternehmen und Behörden liefert ein Grundgerüst für die Planung des Risiko- und Krisenmanagements in 5 Schritten und hat somit einen praktischen Anwendungsbezug. Der Spezialleitfaden für Krankenhäuser ergänzt den allgemeinen Leitfaden für KRITIS. Ergänzend und speziell für die WVU liefern die DIN EN 15975 und die Handlungsempfehlung „Sicherheit der Trinkwasserversorgung Teil 1: Risikoanalyse“ explizite Hinweise für das Risiko- und Krisenmanagement von WVU. Hierfür sind Maßnahmenpläne zu erstellen, wie der Maßnahmenplan für eine Ersatztrinkwasserversorgung, welcher im DVGW Arbeitsblatt W 1020 detailliert beschrieben ist. Die technische Ausführung einer Trinkwasserversorgung mittels Kleinanlagen und nicht ortsfester Anlagen ist in der DIN 2001-3 detailliert geregelt, auf welche das DVGW Arbeitsblatt verweist.

5.3 Parameter zur Ermittlung des Wasserbedarfs

Um eine Vergleichbarkeit von Krankenhäusern unterschiedlicher Größe zu ermöglichen, muss der Wasserbedarf anhand eines weiteren Merkmals angegeben werden. Hierfür stehen drei Merkmale zur Verfügung: die umbaute Nutzfläche des Krankenhauses, die Anzahl an Mitarbeitern und die Anzahl an Planbetten. Um die geeignete Größe zu finden wurde eine statistische Auswertung der drei Merkmale in Verbindung mit dem Wasserverbrauch in Spanien mit 20 Krankenhäusern durchgeführt. Hier zeigen sich folgende Korrelationen:

Wasserverbrauch zur umbauten Nutzfläche:	$R^2=0,8417$ [Gonzalez, Garcia-Sanz-Calcedo, Salgado, & Mena, 2016]
Wasserverbrauch zur Anzahl an Mitarbeitern:	$R^2=0,9046$ [Gonzalez et al., 2016]
Wasserverbrauch zur Anzahl an Planbetten:	$R^2=0,9172$ [Gonzalez et al., 2016]

Aus statistischer Betrachtung ist somit die Angabe des Wasserverbrauchs in Relation zur Anzahl an Planbetten als sinnvollste Vergleichsgröße zu wählen. Die Angabe des Wasserverbrauchs ist auch in der Literatur auf diese Art und Weise gängig. Die VDI 3807-3:2015-11 erwähnt hingegen, dass die Angabe des Wasserverbrauchs pro Person und Tag sinnvoll sei. Als „Personen“ werden hierbei die Anzahl der Patienten (mittlere Bettenbelegung) und die Anzahl der Mitarbeiter addiert. In der VDI 3807-2:2014-11 wird der Wasserverbrauch jedoch in Litern pro Planbett und Jahr angegeben. Daher erfolgt die Angabe des Wasserverbrauchs in der vorliegenden Arbeit in der Form - Liter pro Planbett und Tag -. Aufgrund der unterschiedlichen Größenangaben in unterschiedlichen Ländern erfolgt eine Umrechnung der Angaben in das metrische System anhand der wissenschaftlich

anerkannten Umrechnungsfaktoren. Alle Angaben werden somit in Liter pro Planbett und Tag umgerechnet.

In der Literatur finden sich wiederkehrend einige Parameter, die den Wasserverbrauch von Krankenhäusern maßgeblich beeinflussen. Dieser hängt in der Regel von den folgenden Charakteristika des Krankenhauses ab [Garcia-Sanz-Calcedo, Lopez-Rodriguez, Yusaf, & Al-Kassir, 2017; Kelly, 2012; Seneviratne, 2007]:

- Anzahl der Patienten, die im Krankenhaus behandelt werden (ambulant und stationär),
- Anzahl der Planbetten,
- Anzahl der Mitarbeiter,
- Art und Größe des Krankenhauses (Grundversorgung, Regelversorgung, Maximalversorgung, Fachkrankenhaus, Universitäts- oder Lehrkrankenhaus),
- Baujahr des Gebäudes,
- medizinische Behandlungsmöglichkeiten (bspw. Dialyse),
- spezielle Aufbereitungsverfahren von Wasser (bspw. Umkehrosmoseanlagen) und
- angegliederte Versorgungsbereiche wie Küchen, Wäschereien und Sterilisation.

Der Wasserverbrauch pro Planbett und Tag steigt in der Regel mit zunehmender Größe des Krankenhauses, mit spezielleren und intensiveren Behandlungs- und Diagnostikmöglichkeiten sowie der Angliederung von Küchen, Wäschereien und Sterilisation. Das Baujahr des Gebäudes hat einen Einfluss auf den Wasserverbrauch, jedoch kann nicht belegt werden, dass der Wasserverbrauch in älteren Gebäuden höher ist, sondern dieser Effekt tritt nur bei bestimmten Baujahren auf. [Garcia-Sanz-Calcedo et al., 2017; Kelly, 2012; Seneviratne, 2007]

5.4 Kritische Bereiche im Krankenhaus

Kritische Bereiche sind in der vorliegenden Arbeit als Bereiche zu verstehen, die aufgrund ihrer Abhängigkeit von der Wasserversorgung ihren Betrieb ohne diese entweder reduzieren oder vollständig einstellen müssen. Unterteilt werden die kritischen Bereiche in medizinische Bereiche, die direkt der Versorgung der Patienten dienen, und technische Bereiche, die dem ordnungsgemäßen Betrieb des Krankenhauses dienen.

5.4.1 Medizinisch kritische Bereiche im Krankenhaus

Als medizinisch kritische Bereiche sind in der vorliegenden Arbeit alle Bereiche zu verstehen, die direkt der medizinischen Versorgung der Patienten dienen und direkt oder indirekt von der Wasserversorgung abhängig sind. Sollten diese Bereiche ohne eine funktionierende Trinkwasserversorgung entweder nicht aufrechterhalten werden können oder Einschränkungen hinnehmen müssen, sind sie für das Ereignis des Trinkwasserausfalls als kritisch einzustufen. Ist eine Abhängigkeit von (Trink-)Wasser aus der Literatur nicht ersichtlich, der Bereich jedoch essentiell für

die Versorgung der Patienten wird er auch in die Gruppe der kritischen Bereiche aufgenommen und die Abhängigkeit von (Trink-)Wasser mittels der Interviews bewertet.

Folgende Bereiche sind als medizinisch kritische Bereiche zu verstehen [Bäumer, 2018; Klein, Rosenthal, & Klausner, 2012]:

- Notaufnahmen,
- Intensivstationen,
- Anästhesiologien,
- Operationsbereiche,
- Dialysen,
- Gynäkologie bzw. Kreißsäle,
- Radiologische Großgeräte wie Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT),
- Labore.

5.4.2 Technisch kritische Bereiche im Krankenhaus

Unter technisch kritischen Bereichen versteht man Bereiche, die ohne fließendes Wasser reduziert oder gar nicht funktionieren. Die technischen Bereiche sind für den Betrieb des Krankenhauses wichtig, jedoch nicht direkt an der medizinischen Versorgung der Patienten beteiligt. Folgende technische Bereiche sind als kritisch bei einem Wasserausfall zu sehen [Bäumer, 2018; BBK, 2008; Klein et al., 2012]:

- Sanitäre Anlagen,
- Gebäudereinigung,
- Sterilisation von medizinischen Instrumenten,
- Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage,
- Lebensmittel und Getränkeversorgung (Küche),
- Klinikwäscherei,
- Wasseraufbereitungsanlagen (bspw. Umkehrosmoseanlagen (UO-Anlagen) zur Herstellung von vollentmineralisiertem Wasser (VE-Wasser)),
- (Not-)Kühlung von Anlagen und Geräten.

5.5 Der Wasserbedarf von Krankenhäusern

Um die Notversorgung sicherzustellen ist im Voraus die Frage zu klären, welchen Bedarf an Wasser Krankenhäuser im Regelbetrieb haben, auf welche Bereiche sich der Bedarf an Wasser verteilt und in welcher Qualität das Wasser vorliegen muss. Daraus kann weiterführend die Menge an Wasser für die Notversorgung ermittelt werden und anhand der benötigten Menge kann eine Einschätzung, wie die Versorgung am besten sichergestellt werden kann, erfolgen.

5.5.1 Regelbedarf an (Trink-)Wasser

Als Kennwerte für den Regelbedarf sind Werte der EnergieAgentur.NRW von 1993-1995 und 2008 sowie aus der Norm VDI 3807-2:2014-11 von 2004-2005 ausgewählt worden. Für eine bessere Vergleichbarkeit sind die in den beiden Werken betrachteten Krankenhäuser in den jeweiligen Untersuchungen, in Abhängigkeit ihrer Bettenzahl, in fünf Kategorien eingeteilt worden. Die Kategorisierung erfolgte wie folgt [EnergieAgentur.NRW, 2010; VDI 3807-2:2014-11]:

- Kategorie I: Krankenhäuser mit 0-250 Betten
- Kategorie II: Krankenhäuser mit 251-450 Betten
- Kategorie III: Krankenhäuser mit 451-650 Betten
- Kategorie IV: Krankenhäuser mit 651-1000 Betten
- Kategorie V: Krankenhäuser mit mehr als 1000 Betten

Die Wasserverbrauchswerte der Erhebung der EnergieAgentur.NRW wurden für den Zeitraum von 1993-1995 in 243 Krankenhäusern und für 2000-2008 in ca. 1600 Krankenhäusern in ganz Deutschland erhoben und ausgewertet. Die verwendeten Werte sind einmal als Mittelwert und einmal als Richtwert angegeben. Bei den Werten von 1993-1995 wurde als Mittelwert der Modalwert gewählt und als Richtwert wurde das arithmetische Mittel aus dem 25 % Quartil errechnet. Für das Bilanzjahr von 2008 ist der Mittelwert, abweichend zur statistischen Auswertung von 1993-1995, als arithmetisches Mittel und der Richtwert, wie 1993-1995, als arithmetisches Mittel des 25 % Quartils angegeben. Alle Werte sind als Wasserverbrauch in Kubikmetern pro Planbett und Jahr angegeben und sind für die vorliegende Arbeit in Liter pro Planbett und Tag umgerechnet worden. Alle Werte wurden zur besseren Darstellung ohne Stellen nach dem Komma angegeben und daher nach mathematischen Standards gerundet. Bei der Erhebung des Wasserverbrauchs durch die EnergieAgentur.NRW wurde der Wasserbedarf von Klinikwäscherein, Küchen und Sterilisation nicht betrachtet, da nicht alle Krankenhäuser derartige Abteilungen besitzen. War der Wasserverbrauch einer dieser Abteilungen in den Verbrauchswerten enthalten, wurde er herausgerechnet. [EnergieAgentur.NRW, 2010]

Die Wasserverbrauchswerte der DIN 3807-2:2014-11 sind im Zeitraum von 2004-2005 in 241 Krankenhäusern erhoben worden. Der dargestellte Mittelwert ist der Modalwert der Stichprobe und die Richtwerte wurden, wie in der Erhebung der EnergieAgentur.NRW, als arithmetisches Mittel des 25 % Quartils berechnet. Die VDI 3807-2 wurde im November 2014 in der heute gültigen Fassung veröffentlicht. [VDI 3807-2:2014-11]

Die in der VDI 3807-2 sowie in der Veröffentlichung der EnergieAgentur.NRW angegebenen Mittelwerte sind als aktueller Stand des Verbrauchs zu verstehen und die Richtwerte als Zielwerte für Sanierungs- und Optimierungsmaßnahmen zu sehen. [EnergieAgentur.NRW, 2010; VDI 3807-2:2014-11]

Die beschriebenen Mittelwerte sind in Abbildung 2 dargestellt. In Abbildung 3 sind Mittel- und Richtwerte zum Vergleich gegenübergestellt. Die Darstellung erfolgt in den oben genannten Kategorien und immer in einem Diagramm mit einer Skalierung des Wasserbedarfs von 0 L bis 800 L. Die Werte der EnergieAgentur.NRW von 1993-1995 sind in den folgenden Diagrammen in Blautönen, die Werte der EnergieAgentur.NRW für 2008 in Orangetönen und die Werte der VDI 3807-2:2014-11 in Grautönen dargestellt. Die Quellen der Wasserverbrauchswerte sowie die genauen Zahlenwerte sind in „Anhang III: Die in Abbildung 2 bis Abbildung 4 verwendeten Zahlenwerte und Quellen“ zu finden. Die Quellen von Abbildung 2 und Abbildung 3 sind Fettdruck markiert.

5.5.1.1 Vergleich der Mittelwerte des Wasserverbrauchs von Krankenhäusern

In den folgenden Darstellungen ist zu beachten, dass die EnergieAgentur.NRW den Wasserverbrauch von Klinikwäscherein, Küchen und Sterilisationen herausgerechnet hat. Die beiden Studien werden an dieser Stelle dennoch verglichen und der genannte Sachverhalt wird berücksichtigt.

Um die Wasserverbrauchswerte zu vergleichen sind die von der EnergieAgentur.NRW für den Zeitraum 1993-1995 und das Bilanzjahr 2008 erhobenen Wasserverbrauchswerte den Werten der VDI 3807-2:2014-11 von 2004-2005 in Abbildung 2 gegenübergestellt. Die Darstellung entspricht der Beschreibung in Kapitel 5.5.1. Es ist zu bedenken, dass die Mittelwerte der EnergieAgentur.NRW von 1993-1995 und die Werte der VDI 3807-2 Modalwerte sind, während die Werte der EnergieAgentur.NRW für das Bilanzjahr 2008 als arithmetisches Mittel erhoben wurden. Inwieweit diese statistische Ungenauigkeit einen Einfluss auf die Verbrauchswerte hat, kann an dieser Stelle nicht mit Sicherheit beurteilt werden. Die Werte werden direkt miteinander verglichen.

Es ist zu erkennen, dass sich der Wasserverbrauch in der Erhebung der EnergieAgentur.NRW von 1993-1995 im Vergleich zum Bilanzjahr 2008 in allen fünf Krankenhauskategorien verringert hat. Der Wasserverbrauch ist in den fünf Kategorien wie folgt zurückgegangen:

- In Kategorie I um 24 L pro Jahr und Bett (ca. - 7 %),
- in Kategorie II um 68 L pro Jahr und Bett (ca. - 19 %),
- in Kategorie III um 121 L pro Jahr und Bett (ca. - 27 %),
- in Kategorie IV um 77 L pro Jahr und Bett (ca. - 21 %) und
- in Kategorie V um 156 L pro Jahr und Bett (ca. - 29 %).

Vergleicht man jedoch die Werte der Erhebung der EnergieAgentur.NRW von 1993-1995 mit den Werten der Erhebung des VDI von 2004-2005, ist lediglich in Kategorie I eine Reduzierung des Wasserverbrauchs zu erkennen, die Kategorien II-IV ändern sich nur geringfügig, der Wasserverbrauch der Kategorie V steigt hingegen auf ca. 131% des Bedarfs von 1993-1995.

Nach Abbildung 2 schneiden die Krankenhäuser beim Wasserverbrauch in der Erhebung der EnergieAgentur.NRW von 2008 am besten ab, gefolgt von denen in der Erhebung des VDI und zuletzt denen der Erhebung der EnergieAgentur.NRW von 1993-1995.

Des Weiteren zeigt die Abbildung, ausgenommen Kategorie IV, einen Anstieg des Wasserverbrauchs pro Planbett mit zunehmender Bettenzahl in der Erhebung der EnergieAgentur.NRW von 1993-1995. Im Bilanzjahr von 2008 tritt dieser Effekt nur begrenzt in Kategorie V auf. Die Kategorien I-IV unterscheiden sich zwar im Wasserverbrauch, jedoch ist kein Trend zu erkennen. In der Erhebung des VDI von 2004-2005 zeigt sich derselbe Trend wie in der Erhebung der EnergieAgentur.NRW von 1993-1995. Auch hier folgt die Kategorie IV dem Trend nicht.

Im direkten Vergleich der Daten der EnergieAgentur.NRW von 2008 und der VDI 3807-2 von 2004-2005 ist zu erkennen, dass der Wasserverbrauch in der VDI-Erhebung der VDI 3807-2, ausgenommen Kategorie I, immer über den Verbrauchswerten der EnergieAgentur.NRW liegt. In Kategorie V liegt dieser sogar bei ca. 184 % des Wertes der EnergieAgentur.NRW des Bilanzjahres 2008.

Interpretiert man die Wasserverbrauchswerte der beiden Studien, kommt man zu folgenden Schlüssen: Bei Betrachtung der Studie der EnergieAgentur.NRW erkennt man eine Abnahme des Wasserverbrauchs von 7-29 % in den fünf Kategorien von 1993-1995 bis 2008, was als positiv zu werten ist und sich auch auf die Aufrechterhaltung der medizinischen Versorgung bei Ausfall der Trinkwasserversorgung positiv auswirken kann. Obwohl der Wasserverbrauch mit unterschiedlichen statistischen Parametern angegeben ist, ist anzunehmen, dass diese Werte trotzdem vergleichbar sind, da diese Erhebungen mit den selben Parametern durchgeführt wurden.

Vergleicht man hingegen die erhobenen Werte der EnergieAgentur.NRW von 1993-1995 mit den Werten der VDI3807-2 von 2004, ist dieser Rückgang nicht zu erkennen. Die Werte der VDI 3807-2 sind den Werten der EnergieAgentur.NRW von 1993-1995 ähnlich und in Kategorie V sogar höher, 131% des Wertes von 1993-1995. Im Vergleich zur Erhebung der EnergieAgentur.NRW von 2008, sind die Werte der VDI 3807-2 durchaus signifikant höher, speziell in Kategorie V. Da die EnergieAgentur.NRW den Wasserbedarf der Wäschereien, der Küchen und Sterilisation herausgerechnet hat, könnte sich hier die Erklärung dafür finden. Die drei erwähnten Bereiche sind sehr wasser- und energieintensiv und können daher zu einer starken Erhöhung des Wasserbedarfs führen. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass die Werte der EnergieAgentur.NRW in der vorliegenden Arbeit für die Betrachtung des Wasserbedarfs bei Abschaltung dieser Bereiche verwendet werden können. Bei Aufrechterhaltung des Betriebs inklusive Küche, Wäscherei und Sterilisation muss davon ausgegangen werden, dass die Werte der VDI den dann notwendigen Wasserbedarf besser widerspiegeln, vor allem bei Krankenhäusern der Kategorie V.

Die Erkenntnis, dass der Wasserverbrauch über die Jahre abgenommen hat, sollte sich positiv auf die Aufrechterhaltung des Betriebs bei Ausfall der öffentlichen Wasserversorgung auswirken.

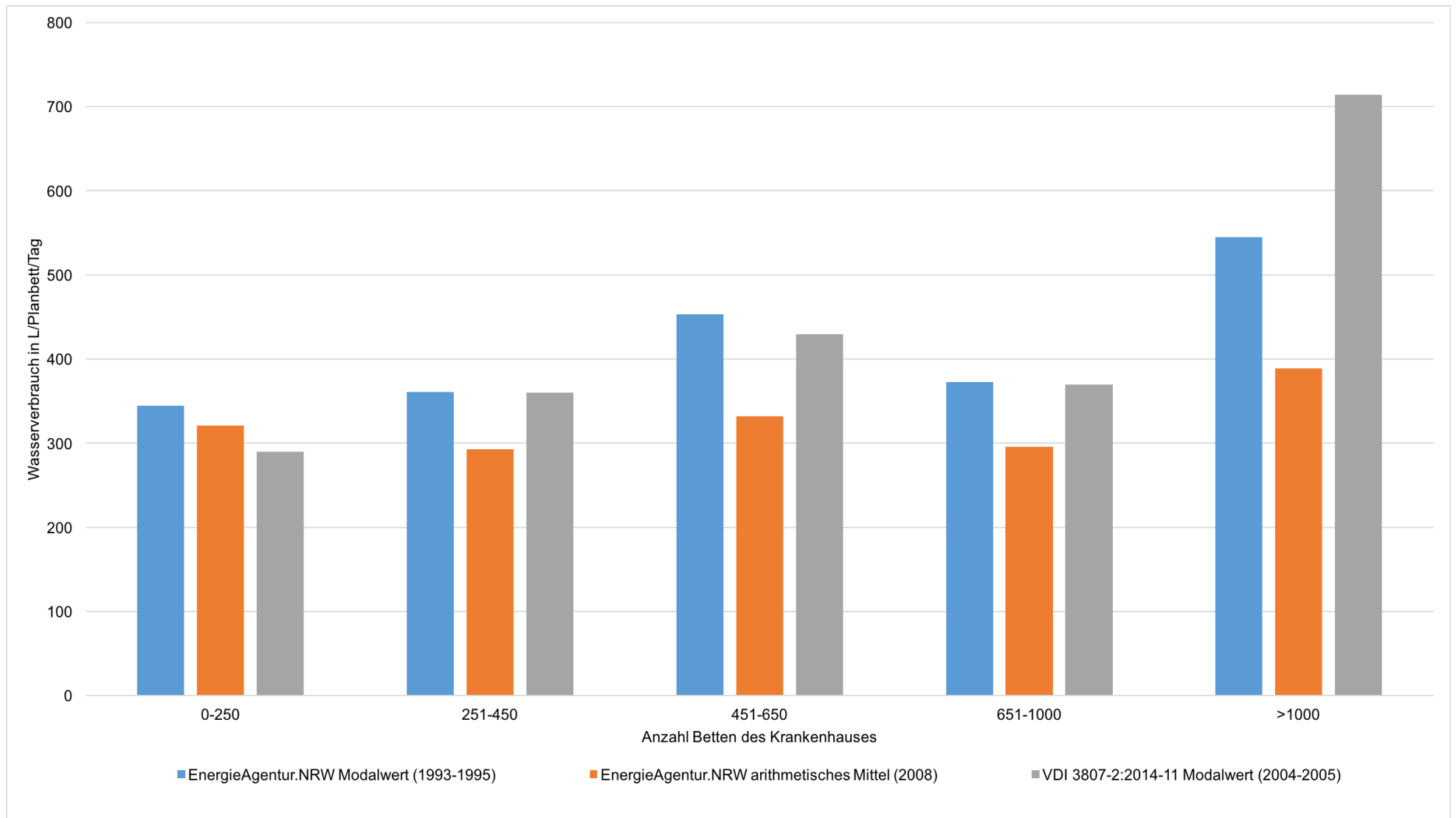


Abbildung 2: Vergleich der Wasserverbrauchswerte (Mittelwert) von Krankenhäusern nach VDI 3807-2:2014-11 und EnergieAgentur.NRW

5.5.1.2 Vergleich der Richtwerte des Wasserverbrauchs mit den Mittelwerten

Vergleicht man die Mittelwerte der jeweiligen Erhebungen mit den Richtwerten (arithmetisches Mittel des 25 % Quartils), erkennt man größere Differenzen. Zum einen erkennt man, dass die Richtwerte in allen Studien im Vergleich zu den Mittelwerten zwischen 20 % und 51 % niedriger liegen. Vergleicht man nun die Richtwerte mit den Mittelwerten in den neuen Studien von 2004-2005 (VDI) und 2008 (EnergieAgentur.NRW), liegt dieser Wert immer noch im Bereich von mindestens 20 %.

Des Weiteren ist zu sehen, dass der Unterschied bei Krankenhäusern der Kategorie I-III in der Regel im Bereich zwischen 20-30 % liegt, bei Krankenhäusern der Kategorie IV und V hingegen, bis auf eine Ausnahme, im Bereich von 30-50%.

Weiterführend ist zu erkennen, dass die Richtwerte der EnergieAgentur.NRW von 1993-1995 für die Kategorien I und IV noch unter den Richtwerten von 2004-2005 und 2008 liegen.

Bezüglich des Vergleichs der Mittelwerte mit den Richtwerten ist zwischen den drei Studien kein Unterschied zu erkennen, daher ist davon auszugehen, dass die getroffenen Aussagen ausreichend valide sind und verallgemeinert werden können.

Als Schlussfolgerung für die vorliegende Arbeit lässt sich sagen, dass vor allem in den Kategorien IV und V ein hohes Potential für Einsparungen vorhanden ist, welches aus ökonomischer Sicht zur Kosteneinsparung und vor allem zur Verbesserung der Aufrechterhaltung der Versorgungsleistung bei Ausfall der öffentlichen Trinkwasserversorgung genutzt werden sollte. Es ist davon auszugehen, dass speziell großen Krankenhäusern (Maximalversorger) bei großflächigen oder langanhaltenden Ereignissen eine besondere Priorität bei der Versorgung zukommt und daher sollte weiter betrachtet werden, wodurch diese signifikanten Abweichungen von Mittelwert und Richtwert zustande kommen. Das hohe Sparpotential sollte im Notfall nichtsdestotrotz nutzbar sein, auch wenn es im Regelfall nicht voll ausgeschöpft wird.

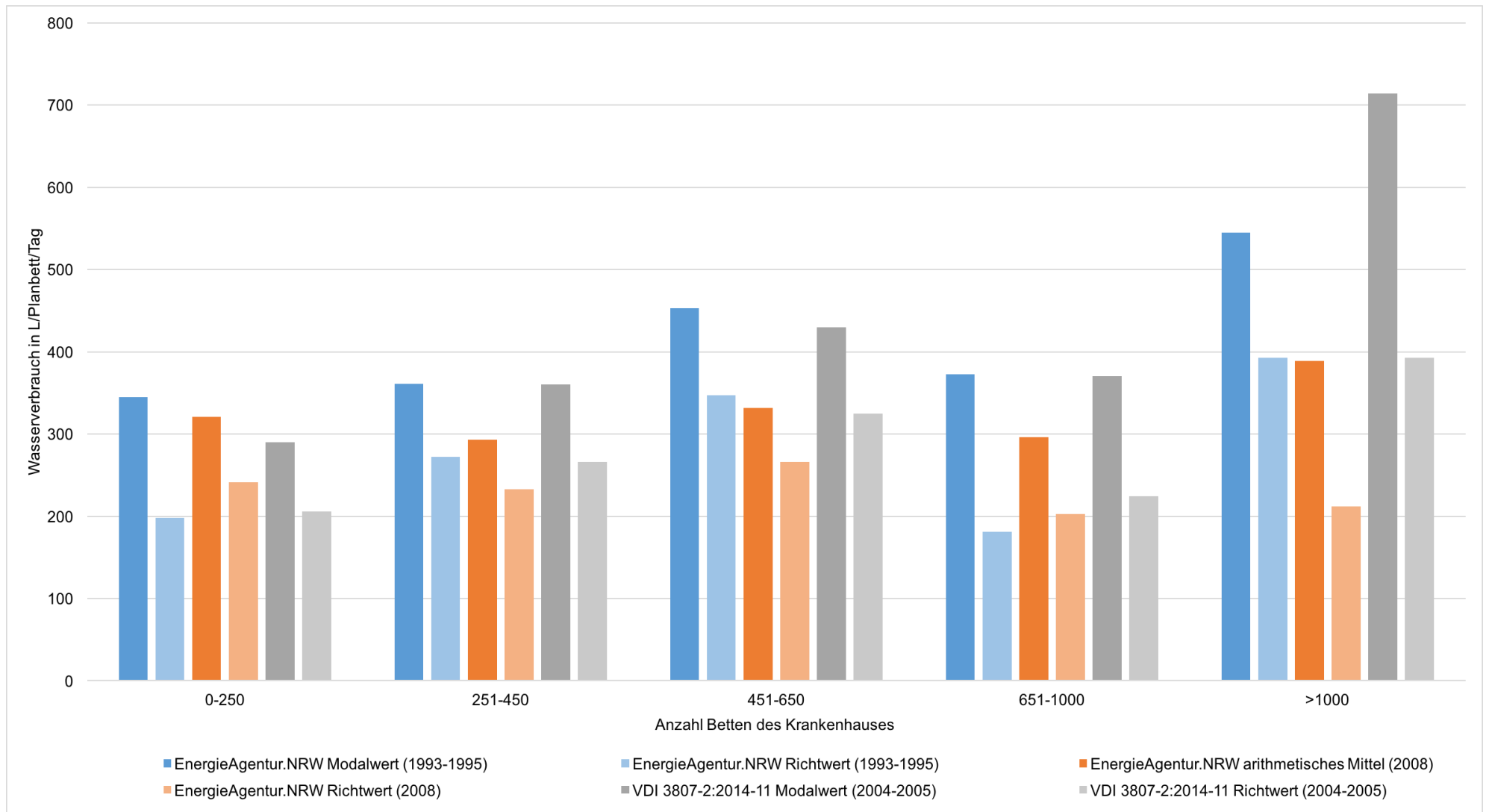


Abbildung 3: Vergleich der Mittelwerte und Richtwerte des Wasserverbrauchs von Krankenhäusern nach VDI 3807-2:2014-11 und EnergieAgentur.NRW

5.5.2 Vergleich des Wasserbedarfs im Regelbetrieb mit anderen Ländern

Zum Vergleich des Wasserverbrauchs deutscher Krankenhäuser mit Krankenhäusern anderer Länder werden die Wasserverbrauchswerte aus „Anhang III: Die in Abbildung 2 bis Abbildung 4 verwendeten Zahlenwerte und Quellen“ zusammengefasst und in Abbildung 4 dargestellt. In Anhang III sind alle Quellen der genannten Wasserverbrauchswerte nach Ländern sortiert aufgeführt. Es handelt sich hierbei um Wasserverbrauchswerte aus insgesamt 19 Ländern. Hinzu kommt die Vorgabe für internationale Hilfseinsätze durch das Rote Kreuz bzw. die Vereinten Nationen als internationalem Referenzwert (als INT in Abbildung 4 dargestellt). Die dargestellten Daten stammen aus 70 wissenschaftlichen Quellen. Die Darstellung der ausgewerteten Verbrauchswerte erfolgt alphabetisch nach Ländern sortiert. Die Landesnamen sind als Ländercode nach ISO 3166 angegeben, Deutschland ist blau hervorgehoben. Zudem erfolgt die Angabe der in der Abbildung dargestellten Werte sowie die Anzahl an Quellen und die Anzahl an betrachteten Krankenhäusern in der Tabelle darunter. Bei Feldern, die mit einem Strich gekennzeichnet sind, konnte die Anzahl an Krankenhäusern, auf die sich die Quelle bezieht, nicht ermittelt werden. Die Darstellung des Wasserverbrauchs in Abbildung 4 erfolgt, entgegen der vorherigen Abbildungen, in L/Bett/Tag, da sich nicht immer eindeutig feststellen ließ, ob die geplante oder die reale Anzahl an Betten des Krankenhauses gemeint ist. Es ist jedoch nicht davon auszugehen, dass sich die Zahlen grundlegend unterscheiden.

In Abbildung 4 ist zu erkennen, dass der Wasserverbrauch im Vergleich zu den meisten anderen Ländern stark streut, der Median jedoch vergleichsweise niedrig ist. Der untere Wert sowie der Median des Wasserverbrauchs ist in Deutschland im Vergleich mit den anderen Ländern am niedrigsten. Der höchste Wert des Wasserverbrauchs liegt jedoch sehr viel höher als bei den meisten anderen Ländern. Somit lässt sich sagen, dass deutsche Krankenhäuser, im Hinblick auf den mittleren Wasserverbrauch, sparsamer sind als die Vergleichsländer. Vergleicht man den Wasserverbrauch deutscher Krankenhäuser (Median) weiterführend mit den Vorgaben für Krankenhäuser in humanitären Einsätzen, so decken sich diese.

Da sich einige der in der Arbeit verwendeten Quellen und Maßnahmen auf Krankenhäuser in den USA beziehen, ist der Wasserverbrauch von amerikanischen Krankenhäusern näher zu betrachten. Es ist zu erkennen, dass der Median des Wasserverbrauchs amerikanischer Krankenhäuser fast doppelt so hoch ist.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Wasserbedarf in deutschen Krankenhäusern zwar sehr stark variiert, von 120 L pro Bett und Tag bis hin zu 1200 L pro Bett und Tag, aber der Median von 408 L pro Bett und Tag ist im internationalen Vergleich sehr gut. Vergleicht man den Median aus Abbildung 4 mit einem Mittelwert aus allen in Abbildung 2 dargestellten Werten (392 L pro Bett und Tag), ist zu erkennen, dass diese Werte sich decken.

Die Anwendbarkeit von Maßnahmen aus amerikanischen Krankenhäusern, und vor allem das in amerikanischen Quellen aufgeführte Einsparpotential, muss im weiteren Verlauf der Arbeit kritisch betrachtet werden, da sich der mittlere Wasserverbrauch so signifikant unterscheidet (fast das Doppelte), und damit sicher auch die bauliche Situation sowie die Abläufe in den Krankenhäusern.

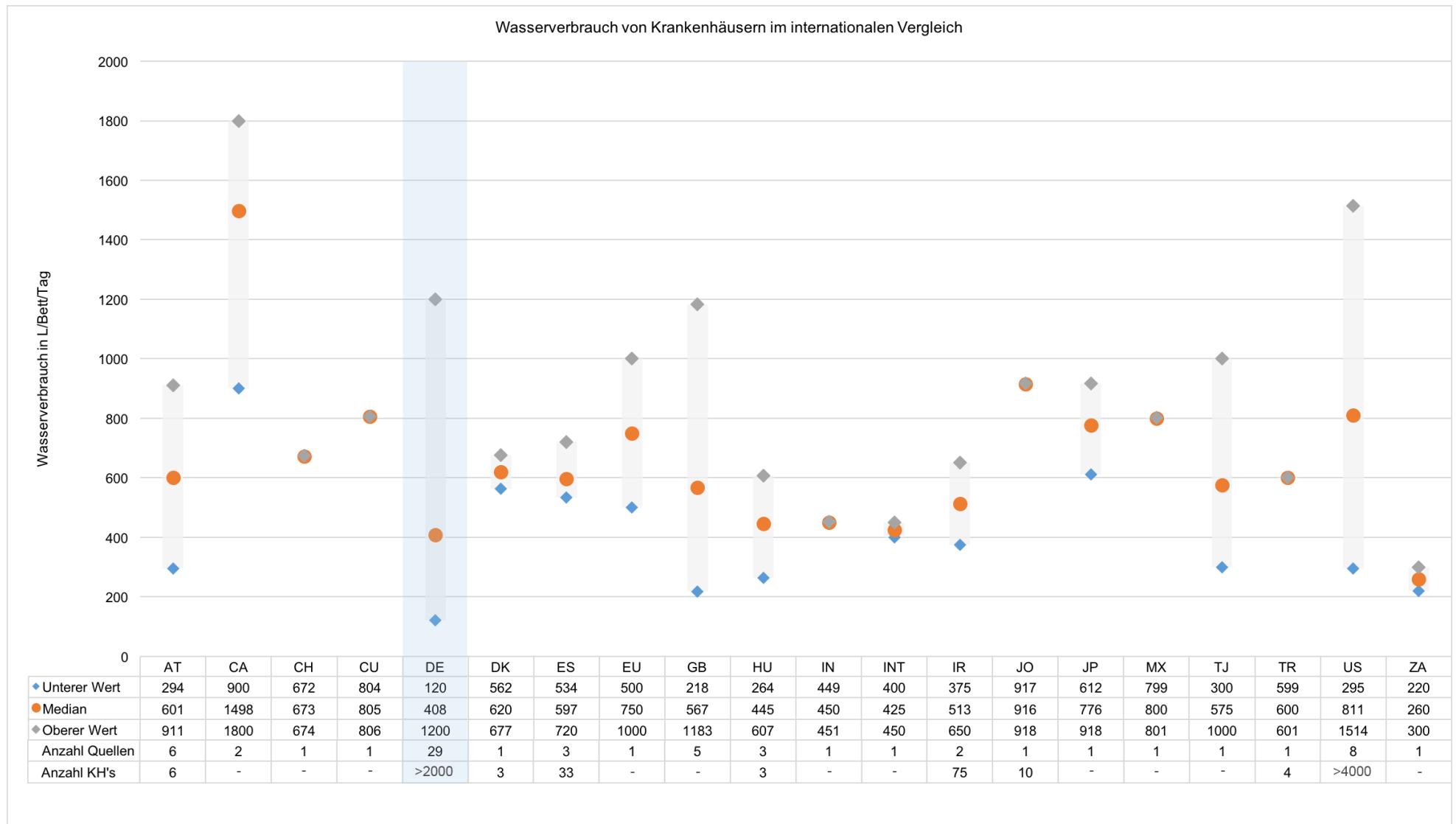


Abbildung 4: Wasserverbrauch von Krankenhäusern im internationalen Vergleich mit 20 Ländern

5.5.3 Wasserbedarf aufgeteilt nach Bereichen im Krankenhaus

Um Einsparpotentiale für (Trink-)Wasser im Krankenhaus zu ermitteln, ist eine Betrachtung der Verbraucher und der jeweils verbrauchten Mengen an Wasser der erste Schritt. Um einen Überblick zu gewinnen, werden im Folgenden die Wasserverbrauchswerte einzelner Bereiche aus der VDI 3807-3:2015-11 (Daten aus 241 Krankenhäusern) und einer Studie aus Jordanien mit 10 Krankenhäusern dargestellt.

5.5.3.1 Wasserverbrauch nach Bereichen in Deutschland

In der VDI 3807-3 ist der Wasserverbrauch eines Krankenhauses mit 400 Betten beispielhaft aufgeführt. Die genannte Aufteilung des prozentualen Wasserbedarfs ist in Tabelle 4 dargestellt. Es ist hierbei zu beachten, dass die Tabelle 1:1 als Zitat aus der genannten Norm entnommen ist und ebenso die Addition des prozentualen Verbrauchs in der rechten Spalte. Aufaddiert ergeben die genannten Verbrauchsangaben, entgegen der Darstellung, 122,7 %. Da die Tabelle jedoch lediglich einen groben Überblick über den prozentualen Wasserverbrauch der jeweiligen Bereiche geben soll und die Zahlen nicht für Berechnungszwecke verwendet werden, ist die Verwendung, trotz des Fehlers, vertretbar. Zudem ist diese Richtlinie mit dem beschriebenen Fehler veröffentlicht und aktuell gültig. Es ist ersichtlich, dass das Bettenhaus mitunter den größten Wasserbedarf hat, gefolgt von Behandlung und Enthärtung. Neben diesen drei großen Verbrauchern hat die Wäscherei, die von der EnergieAgentur.NRW herausgerechnet wurde, einen durchaus nicht vernachlässigbaren Bedarf an Wasser.

Tabelle 4: Beispielhafte Aufteilung des Wasserverbrauchs eines 400 Betten Krankenhauses [VDI 3807-3:2015-11, S. 34, Tabelle 17]

Ort	Verbrauch in %
Bettenhaus	56,0
Behandlung	22,7
Enthärtung	22,7
Wäscherei	8,7
Physikalische Therapie	7,3
Grünflächen	3,1
Schwesterwohnheim	1,0
Desinfektion	0,8
Patientencafé	0,1
sonstige	0,3
Gesamtwasserverbrauch	100,0

Eine weitere, detailliertere Aufschlüsselung des Wasserbedarfs einzelner Bereiche in deutschen Krankenhäusern konnte mit den verwendeten Suchbegriffen der systematischen Literaturrecherche nicht gefunden werden, und auch eine ergänzende Suche lieferte keine weiteren Quellen.

5.5.3.2 Wasserverbrauch nach Bereichen in anderen Ländern, beispielhaft Jordanien

In einer Studie in Jordanien wurde der Wasserverbrauch von 10 örtlichen Krankenhäusern im Regelbetrieb ausgewertet und dieser sehr detailliert aufgeschlüsselt. Der mittlere Wasserbedarf von jordanischen Krankenhäusern liegt bei 916 L pro Bett und Tag und damit mehr als doppelt so hoch wie in deutschen Krankenhäusern. Ob eine detaillierte Übertragung damit möglich ist, ist fraglich, jedoch eignen sich die Ergebnisse der Studie für Anhaltspunkte. Der Wasserverbrauch in den einzelnen Bereichen im Krankenhaus ist in Abbildung 5 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass der Wasserverbrauch von Toiletten (Toilets) in dieser Erhebung mit 20 % am größten ist und 1/5 der benötigten Wassermenge ausmacht. Gefolgt wird dieser Bereich von der Wäscherei (Laundry) mit 16 % und der Körperpflege (Showers) mit 13 %. Lecks (Leaks) in den Leitungsnetzen sind mit 9 % angegeben. Die Zubereitung von Speisen (Food services) beansprucht 7 % des Wassers und die Sterilisation (Sterilizers) benötigt 6 %. Zudem benötigt die Dialyse (Dialysis) 5 %, das Händewaschen (Faucets) ebenfalls 5 %, die Gebäudereinigung (Cleaning) 2 % und die Labore (Laboratory) 1 %.

Für die Notfallplanung von Krankenhäusern lassen sich somit folgende Aussagen treffen: Der reguläre Weiterbetrieb der Toiletten erfordert 20 % des regulären Wasserbedarfs und ist somit signifikant am Bedarf beteiligt. In welcher Form hier Wasser eingespart werden kann, ist näher zu betrachten, jedoch kann auf die Toiletten als solche nicht verzichtet werden. Mit dem Verzicht auf Duschen und Händewaschen (Ersatz durch Desinfektion) können 18 % Wasser eingespart werden. Kann, ggf. temporär, auf die Klinikwäscherei verzichtet werden, ermöglicht das eine weitere Einsparung von 16 %. Bei einer Reduktion oder einer Auslagerung der Speiseversorgung können bis zu 7 % Wasser eingespart werden. Eine Abschaltung der Sterilisation kann weitere 6 % des Wasserbedarfs einsparen. Da davon auszugehen ist, dass die Dialyse und die Labore weiterbetrieben werden müssen, können 6 % des Wassers nicht eingespart werden.

Bei reiner Aufrechterhaltung der relevantesten Bereiche (Toiletten, Dialyse und Labore) kann der Wasserbedarf auf 26 % des regulären Wasserbedarfs reduziert werden. Ist die Sterilisation weiter zu betreiben, sind 32 % des regulären Wasserbedarfs notwendig. Ist die Speiseversorgung nicht extern sicherzustellen, muss mit einem Wasserbedarf von 39 % des regulären Bedarfs zum Weiterbetrieb gerechnet werden. Wenn die Wäscherei außerdem weiterbetrieben werden muss, ist ein Wasserbedarf von 55 % des regulären Bedarfs anzusetzen. Inwieweit in den Leitungsnetzen in deutschen Krankenhäusern Lecks auftreten, kann nicht mit Sicherheit bestimmt werden, der daraus resultierende Verbrauch ist jedoch auch bei einer Notversorgung einzubeziehen.

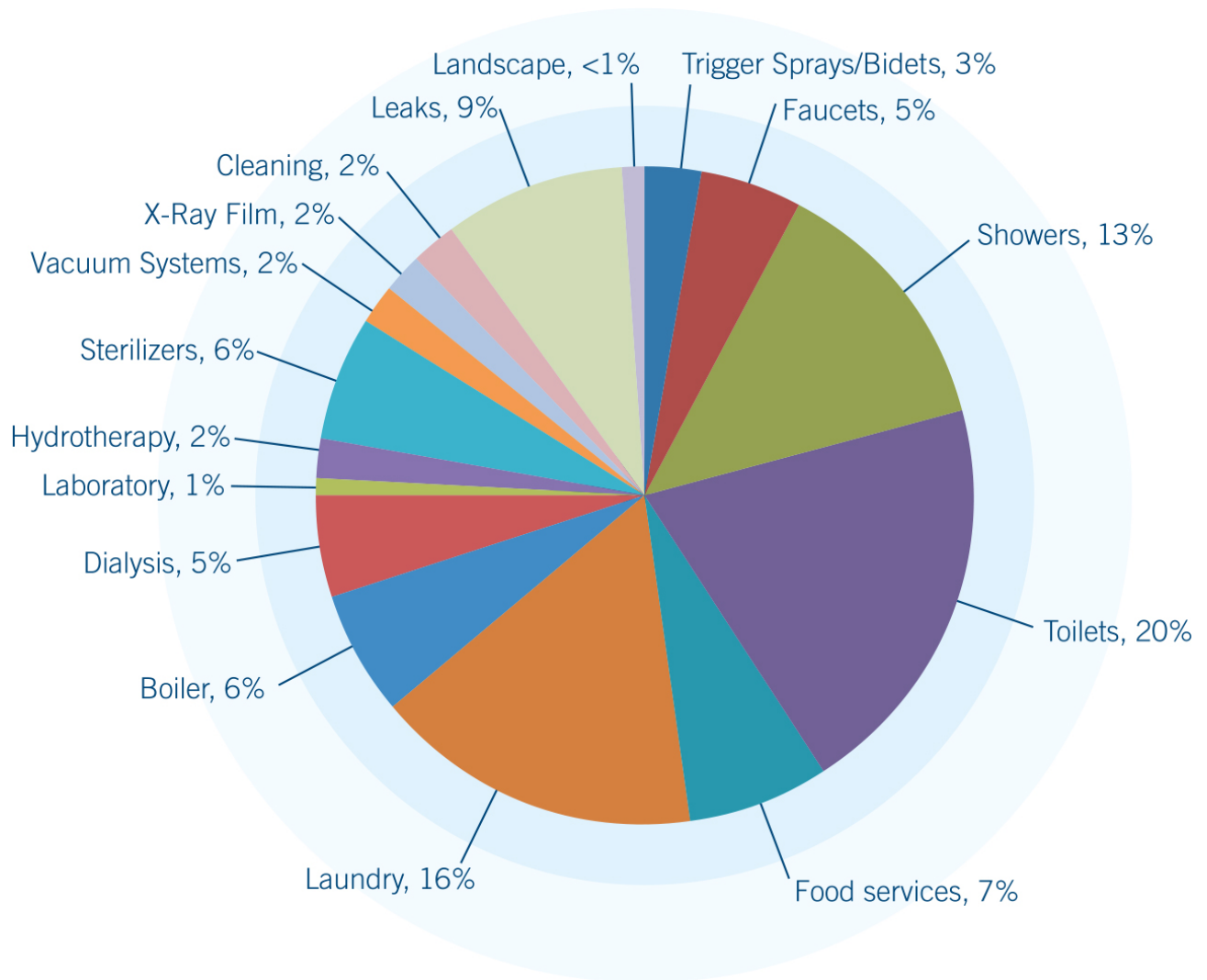


Abbildung 5: Wasserverbrauch aufgeteilt nach Bereichen, ermittelt in 10 jordanischen Krankenhäusern [Chebaane & Hoffman, o.J.]

5.5.4 Notfallbedarf an (Trink-)Wasser

Für den Wasserbedarf im Notfall gibt es kaum Untersuchungen. Die gefundenen Untersuchungen sind in der Regel aus den USA und teilweise nicht übertragbar. In einer wissenschaftlichen Veröffentlichung von Welter, Socher, Needham, Bieber, und Bonnaffon [2013] ist der Wasserbedarf von Kühltürmen in Krankenhäusern im Regelbetrieb mit ca. 1/3 der benötigten Wassermenge angegeben, im Notfall macht er 2/3 der benötigten Wassermenge aus. Die Kühlung erfolgt durch Verdunstungskälte. In der Regel funktionieren Anlagen zur Kühlung in Deutschland jedoch unabhängig von Wasser und somit fällt diese Komponente in der Betrachtung für deutsche Krankenhäuser heraus. Des Weiteren wird in der wissenschaftlichen Veröffentlichung davon ausgegangen, dass der gesamte Regelbedarf des sog. „Domestic use“, d.h. Toiletten, Waschbecken, Duschen, Nahrungsmittelzubereitung und Trinken von Wasser im Notfall eingespart werden kann. Wie das realisiert werden soll, ist nicht aufgeführt und erscheint daher fraglich.

Einen besseren Überblick liefert die „Emergency Response Planning Guidance“ des Kansas Department of Health and Environment [KDHE, 2013]. Das Dokument der Behörde bezieht sich auf die Wasserbedarfswerte von Krankenhäusern nach einem nuklearen Angriff, ursprünglich

herausgegeben durch das amerikanische Verteidigungsministerium. Der Wasserverbrauch wird dabei in vier Stufen untergliedert und die Wassernutzung eingeschränkt. Er wird für Krankenhäuser in „gallons per capita per day (GPCD)“ angegeben und in der vorliegenden Arbeit in Liter pro Kopf und Tag umgerechnet. Eine Gallone entspricht 3,79 L. Die Angabe „pro Kopf“ deckt in diesem Fall den Wasserbedarf von Personal, Patienten und aller anderen Personen ab, die sich im Krankenhaus aufhalten. Der Wasserbedarf und die Nutzungseinschränkungen sind wie folgt:

- Stufe 1: Trinkwasser darf nur zum Trinken, Kochen sowie zum Reinigen von Krankenhausequipment und Instrumenten verwendet werden. Stufe 1 ist der absolute Ausnahmefall und es geht „um das nackte Überleben“. Der Wasserbedarf für Stufe 1 wird in Krankenhäusern mit 18,9 - 56,8 L pro Kopf und Tag (5-15 GPCD) angegeben.
- Stufe 2: Sie stellt den ersten Schritt der beginnenden Wiederherstellung des Regelbetriebs dar. Dieser Schritt sollte im Idealfall nach spätestens zwei Tagen möglich sein. Trinkwasser kann in Stufe 2, neben den Zwecken aus Stufe 1, erweiternd für einfache Körperhygiene und Toilettenspülung verwendet werden. Der Wasserbedarf für Stufe 2 wird in Krankenhäusern mit 94,6 - 151,4 L pro Kopf und Tag (25-40 GPCD) angegeben.
- Stufe 3: Wenn alle Bedürfnisse der Stufe 2 ausreichend gedeckt und zusätzliche Ressourcen vorhanden sind, kann ergänzend zu Stufe 2 Wasser für ausführliche Körperhygiene und Brandschutz bereitgestellt werden. Der Wasserbedarf für Stufe 3 liegt bei 151,4 L pro Kopf und Tag (40 GPCD) in Krankenhäusern.
- Stufe 4: Sie stellt den Regelbetrieb mit ausreichend Trinkwasser für alle Zwecke und Bedürfnisse dar.

Für deutsche Krankenhäuser kann der Wasserbedarf anhand der Werte aus der 1. WasSV hochgerechnet werden. Die 1. WasSV sieht pro Person und Tag 15 L vor (Personal im Krankenhaus), 75 L pro Person und Tag für die pflegebedürftigen Personen und 150 L pro Person und Tag in Infektionskrankenanstalten, chirurgischen Stationen und Fachabteilungen in Krankenhäusern. Unter folgenden Annahmen wurde der Wasserbedarf eines Krankenhauses mit 4.000 Mitarbeitern, 1.000 Betten (900 Normalbetten und 100 Intensiv- bzw. Überwachungsbetten) von Döhla, Diegmann, Schmithausen, und Exner [2018] für den Notfall grob ermittelt. Die Annahmen hierfür sind:

- Personal (4.000 Personen) muss im Krankenhaus mit jeweils 15 L pro Tag mitversorgt werden,
- für jedes Bett auf Normalstationen (alle Stationen außer Intensiv- und Überwachungsstationen) stehen 75 L pro Tag zur Verfügung bei einer Belegung von 900/1000 Patienten auf Normalstationen,
- für alle Intensiv- und Überwachungsbetten stehen 150 L pro Tag zur Verfügung bei einer Belegung von 100/1.000 Patienten anteilig auf diesen Stationen.

Die so erfolgte Hochrechnung ist in Tabelle 5 dargestellt:

Tabelle 5: Hochrechnung des Wasserbedarfs eines Krankenhauses im Notfall mit den Vorgaben der 1. WasSV [Döhla et al., 2018]

Verbraucher	Wasserbedarf pro Tag in Liter pro Person	Anzahl an Verbrauchern	Gesamter Wasserbedarf pro Tag
Personal	15 L	4.000	60.000 L
Normalstation	75 L	900	67.000 L
Intensiv- und Überwachungsstationen	150 L	100	15.000 L
Gesamt			142.000 L

Bei der so erfolgten Hochrechnung ist zu erkennen, dass neben dem Bedarf für Patienten die Versorgung von anwesenden Mitarbeitern einen großen Teil des Wasserbedarfs ausmacht. Da es sich bei der Anzahl an Personen nicht nur um Mitarbeiter handeln kann, die direkt an der Versorgung von Patienten beteiligt sind, ist eine Reduzierung des nicht-medizinischen Personals auf ein absolutes Minimum im Notfall in Erwägung zu ziehen. Des Weiteren ist für die Praxis zu betrachten, wie die Abgrenzung von Stationen, die mit 75 L pro Tag und Bett geplant sind, zu Stationen, die mit 150 L pro Tag und Bett geplant sind, erfolgt. Diese Hochrechnung deckt zudem nur den Bedarf an Trinkwasser, die 1. WasSV sieht jedoch auch die Bereitstellung von Betriebswasser in notwendigem Maß vor. Inwieweit Krankenhäuser, ergänzend zu ihrem Bedarf an Trinkwasser, im Notfall Betriebswasser beziehen können, ist aus dem Gesetz nicht ersichtlich.

Aus der Hochrechnung des Wasserbedarfs für ein Krankenhaus nach amerikanischen Vorgaben mit 4.000 Mitarbeitern und 1.000 Patienten ergeben sich für die ersten drei Stufen folgende Wasserbedarfswerte:

- Stufe 1: 94.500 L - 284.000L pro Tag
- Stufe 2: 473.000 L – 757.000 L pro Tag
- Stufe 3: >757.000 L pro Tag

Vergleicht man die Hochrechnung des amerikanischen Verteidigungsministeriums mit der der 1. WasSV, so wird ersichtlich, dass der minimale Bedarf nach amerikanischer Bemessung ca. 1/3 niedriger liegt, als die der deutschen Hochrechnung. Es ist jedoch davon auszugehen, dass dieser Zustand nur für 2 Tage angenommen werden darf und der Wasserbedarf danach (Stufe 2) mit 473-757 m³ ein Vielfaches des deutschen Bedarfs beträgt. Die Vorhaltung in Deutschland ist für einen Zeitraum bis 2 Wochen ausgelegt und kann für diesen Zeitraum in der ermittelten Menge sichergestellt werden [Döhla et al., 2018]. Daher ist weiterführend davon auszugehen, dass der Wasserbedarf in den ersten beiden Tagen zwar weiter reduziert werden kann, aber für einen längerfristigen Ausfall sind auf jeden Fall die deutschen Vorgaben anzusetzen.

5.5.5 Vergleich der theoretisch vorgehaltenen Wassermenge (1. WasSV) mit den Mittelwerten des Verbrauchs

Durch einen Vergleich der Mittelwerte des Wasserbedarfs von Krankenhäusern aus den Erhebungen der EnergieAgentur.NRW und der VDI 3807-2 mit den Werten der Hochrechnung von Döhla et al. [2018] kann abgeschätzt werden, wie viel Wasser bei Ausfall der öffentlichen Trinkwasserversorgung eingespart werden muss. Beispielfhaft wird das in Tabelle 6 mit Krankenhäusern der Kategorie IV und V und der Hochrechnung aus Kapitel 5.5.4 dargestellt. Hierbei wird mit einer Bettenzahl von 1.000 gerechnet und die Werte der beiden Kategorien aus den beiden Studien werden für diese Bettenzahl hochgerechnet. Da die Hochrechnung von Döhla et al. [2018] für genau 1.000 Patienten erfolgte, wird diese mit den beiden Kategorien IV und V verglichen. Der Wert der Hochrechnung beträgt 142.000 L für ein Krankenhaus mit 1.000 Betten und 4.000 Mitarbeitern. Da die Werte der EnergieAgentur.NRW und der VDI 3807-2 in L pro Planbett und Tag angegeben sind und der Wasserverbrauch der Mitarbeiter in dieser Zahl enthalten ist, muss die Anzahl an Mitarbeitern hierbei nicht gesondert eingerechnet werden.

Tabelle 6: Vergleich des Wasserbedarfs im Regelbetrieb aus den Erhebungen der der EnergieAgentur.NRW von 2008 und der VDI 3807-2:2014-11 mit der Hochrechnung von [Döhla et al., 2018]

Quelle des Wasserbedarfs im Regelbetrieb	Kategorie	Verbrauch bei 1.000 Betten	Differenz Absolut (Prozentual) zur Hochrechnung	Abgedeckter Wasserbedarf Absolut (Prozentual)
[EnergieAgentur.NRW, 2010]	IV	296.000 L	154.000 L (52 %)	142.000 L (48 %)
	V	389.000 L	247.000 L (63 %)	142.000 L (37 %)
VDI 3807-2: 2014-11	IV	370.000 L	228.000 L (62 %)	142.000 L (38 %)
	V	714.000 L	572.000 L (80 %)	142.000 L (20%)

Beim Vergleich in Tabelle 6 wird ersichtlich, dass bei Krankenhäusern mit 1.000 Planbetten, im Vergleich zur Hochrechnung, nur zwischen 20- 48 % des Regelbedarfs abgedeckt sind. Da in Kapitel 5.5.1.1 bereits festgestellt wurde, dass die Werte der VDI 3807-2, den Wasserverbrauch von Küche, Sterilisation und Wäscherei beinhalten, ist davon auszugehen, dass bei Aufrechterhaltung dieser Bereiche (Werte der VDI 3807-2) nur zwischen 20 - 38 % des regulären Wasserbedarfs durch die Notfallversorgung bereitgestellt werden können. Werden die Küche, die Wäscherei und die Sterilisation jedoch nicht weiterbetrieben, können zwischen 37 – 48 % des Regelbedarfs (Werte EnergieAgentur.NRW) gedeckt werden. Vergleicht man diese Werte mit dem errechneten Einsparpotential aus Kapitel 5.5.3.2 (Wasserverbrauch im Notfall 26 % des Regelbedarfs bei Minimalbetrieb (Toiletten, Dialyse und Labore), 32 % mit zusätzlichem Sterilisationsbetrieb und 55 % bei Weiterbetrieb von Küche und Wäscherei), sind Parallelen erkennbar und ein Notbetrieb sollte durch die Notbrunnen gewährleistet werden können, wenn auf mindestens einen der Bereiche wie Küche, Wäscherei oder Sterilisation verzichtet würde.

5.5.6 Möglichkeiten der Wassereinsparung im Notfall

Da für den Notfallbetrieb Wasser eingespart werden muss, ist zu klären, wo die Menge oder die Qualität reduziert werden kann.

Im Folgenden werden einige Möglichkeiten zur Einsparung von Wasser dargestellt. Die Maßnahmen sind dem „Emergency Water Supply Planning Guide for Hospitals and Health Care Facilities“ der „American Water Works Association“ (AWWA) und des „Centers for Disease Control and Prevention“ (CDC) entnommen [AWWA&CDC, 2014]:

- Verzicht auf die Bewässerung von Grün- und Gartenanlagen, Abschalten von dekorativen Elementen wie Springbrunnen,
- Verzicht auf physiotherapeutische Therapie in klinikeigenen Schwimmbädern,
- Verzicht auf Handwäsche und ausschließliche Verwendung von Handdesinfektion,
- Benutzung von sterilem Einmalmaterial zum Ersatz der Sterilisation,
- Absage von elektiven Behandlungen und Operationen und somit eine Reduktion auf die Versorgung von dringenden und kritischen Patienten,
- Verwendung von abgepackten und zugelieferten Dialyseflüssigkeiten,
- Verlegung von Patienten in nicht betroffene Krankenhäuser,
- Entlassung von Patienten, die auch zu Hause ausreichend betreut und versorgt werden können,
- Ersatz der Körperpflege (Waschen/Duschen) von Patienten durch Desinfektion oder wasserlose Körperpflege bzw. Verzicht auf tägliche Körperpflege,
- Abschiebern von Gebäuden/Gebäudeteilen, die nicht essentiell für die Patientenversorgung sind (bspw. Verwaltung), und damit verbunden auch eine Reduzierung des Personals in diesen Bereichen,
- Verwendung von transportablen, wasserlosen Toiletten für Besucher und Mitarbeiter,
- Durchführung einer Sichtung in der Notaufnahme und eine Beschränkung der stationären Aufnahme und ambulanten Behandlung auf dringende und kritische Notfälle.

Ergänzend zu den Maßnahmen, die von der AWWA & CDC angegeben wurden, können Anlagen im Krankenhaus heruntergefahren werden wie beispielsweise Heizung, Lüftung und Klimaanlage. In welchem Umfang das möglich ist, soll in den Interviews analysiert werden.

5.6 Konzepte zur Notfallwasserversorgung von Krankenhäusern

Zur Notversorgung von Krankenhäusern kommen diverse Verfahren in Frage, die sich im Aufwand der Ausführung, dem Bedarf an Personal und Transportkapazitäten sowie der Wahrung der Trinkwasserqualität unterscheiden. Bei der Notversorgung sollte genau geprüft werden, für welche Prozesse und Anwendungen im Krankenhaus dringend Trinkwasserqualität erforderlich ist und welche Prozesse mit Betriebswasser erfolgen können. Die Verwendung von Betriebswasser senkt

folglich den Bedarf an Trinkwasser und die Bereitstellung kann unter Umständen einfacher sein. Im Folgenden wird der grundlegende Unterschied leitungsgebundener und leitungsungebundener Versorgung dargestellt und die in der Literatur genannten Verfahren zur Ersatz- und Notversorgung von Krankenhäusern vorgestellt.

5.6.1 Art der Versorgung und Einhaltung der TrinkwV

Die Ersatz- und Notwasserversorgung lässt sich in zwei große Bereiche unterteilen: leitungsgebundene, d.h. unter Verwendung des bestehenden Leitungsnetzes, und leitungsungebundene, d.h. Trinkwasser wird in transportablen Behältnissen angeliefert. Ergänzend zu diesen beiden Formen ist selbstverständlich auch immer eine Kombination beider Möglichkeiten möglich, bspw. der Transport von Wasser in Tankfahrzeugen und die Einspeisung in das Krankenhausnetz.

Als rein leitungsgebundene Versorgung ist die Versorgung über Verbundnetze zu verstehen. Bei bestehenden Querverbindungen kann dies problemlos und unter Einhaltung der TrinkwV erfolgen. Sollten diese Querverbindungen nicht existieren, können sie mit Mitteln der Feuerwehr errichtet werden, jedoch muss die Einhaltung der TrinkwV dann genau geprüft werden.

Soweit das Wasser direkt vor Ort gewonnen und ohne Transport in das Krankenhausnetz eingespeist werden kann, sind die Entnahme von Wasser aus Notbrunnen oder die Wasseraufbereitung am Krankenhaus auch als eine Art leitungsgebundene Versorgung zu verstehen. Bei Entnahme von Wasser aus den Notbrunnen ist die Einhaltung der TrinkwV zu prüfen. Bei Verwendung von geeignetem Rohwasser und einer nach TrinkwV zugelassenen Aufbereitung kann davon ausgegangen werden, dass die Trinkwasserqualität erreicht wird.

Eine weitere Form der leitungsgebundenen Versorgung ist die Versorgung durch feste Tanks. Sollten die Tanks im regulären Netz als Ausgleichsbehälter mit dauerhafter Durchmischung des Wassers installiert sein, wird die Einhaltung der TrinkwV bereits im Regelbetrieb überwacht und ist somit gewährleistet. Ist der Tank als reine Reserve ausgelegt, muss das Wasser vor der Einspeisung ins Krankenhausnetz aufbereitet werden. Bei Verwendung von geeigneten Verfahren ist davon auszugehen, dass die Trinkwasserqualität erreicht wird.

Somit kann zusammenfassend gesagt werden, dass die Trinkwasserqualität bei einer leitungsgebundenen Versorgung in der Regel sichergestellt werden kann. Daher ist die Verwendung einer leitungsgebundenen Versorgung, im Speziellen in Form einer bestehenden Verbundleitung, vorzuziehen und sollte solange wie möglich aufrechterhalten werden [Fischer & Wienand, 2013].

Bei allen anderen Verfahren zur Sicherstellung der (Trink)-Wasserversorgung muss in der Regel mindestens ein Teil der Versorgung leitungsungebunden erfolgen. Hierzu zählen die Versorgung mit abgepacktem Wasser, die Versorgung mit Tankfahrzeugen ohne direkte Einspeisung und die Versorgung aus Notbrunnen sowie Wasseraufbereitungsanlagen, die entfernt vom Krankenhaus liegen. Bei der leitungsungebundenen Wasserversorgung ergeben sich in der Regel zwei Probleme:

Zum einen müssen ausreichend Logistikkapazitäten für den Transport bereitstehen und zum anderen ist die Einhaltung der Trinkwasserqualität unter Umständen schwieriger. [Bäumer, 2018; Fischer & Wienand, 2013] Bei Verwendung von Flaschenwasser ist die Einhaltung der Trinkwasserqualität gesetzlich geregelt, bei anderen Verfahren ist auf die Trinkwassereignung der verwendeten Gebinde zu achten. Hierbei kann jedoch nicht pauschal davon ausgegangen werden, dass die Trinkwasserqualität jederzeit erhalten werden kann, und daher ist eine Desinfektion frühzeitig in Betracht zu ziehen. Bei der Verwendung von Aufbereitungsverfahren die nach TrinkwV zugelassen sind, ist von einer Einhaltung der TrinkwV auszugehen.

5.6.2 Möglichkeiten der Ersatz- und Notwasserversorgung

Die einfachste Möglichkeit der Ersatzversorgung ist die in Form einer Versorgung durch ein anderes WVU mittels Verbundleitungen gegeben [DIN 2001-3:2015-12]. In diesem Fall wird das benötigte Trinkwasser durch ein anderes, nicht betroffenes WVU gestellt und die Versorgung erfolgt leitungsgebunden über bestehende Querverbindungen unterschiedlicher Leitungsnetze. Eine weitere Möglichkeit ist die Schaffung von Querverbindungen im Ereignisfall bspw. mit Mitteln der Feuerwehr.

Eine weitere Möglichkeit der Versorgung des Krankenhauses ist die Versorgung mit abgepacktem Wasser in Form von Flaschenwasser oder anderen Gebinden [DIN 2001-3:2015-12; Fischer & Wienand, 2013]. Hierbei erfolgt entweder eine dauerhafte Bereitstellung von größeren Mengen an Flaschenwasser im Krankenhaus selbst bspw. durch Erhöhen der Lagerbestände oder eine Anlieferung im Bedarfsfall. Neben der Anlieferung von Flaschenwasser kann die Versorgung aus transportablen Behältern wie festen oder faltbaren Großpackmitteln (Intermediate Bulk Container (IBC)) erfolgen.

Neben der Anlieferung von Trinkwasser in abgepackten Gebinden besteht die Möglichkeit der Versorgung des Krankenhauses mit Tankfahrzeugen. Diese Möglichkeit der Versorgung wird in vielen Quellen zur Sicherstellung des Wasserbedarfs vorgeschlagen. Zur Erhaltung der Trinkwasserqualität müssen hierfür Fahrzeuge zur Verfügung stehen, die lebensmittelgeeignet sind. Klassischerweise werden hierfür Tanklastzüge der Milchindustrie verwendet, da diese die technischen Anforderungen erfüllen. Sind die Fahrzeuge im Arbeitseinsatz, so ist mit einer Aufarbeitungszeit von bis zu 30 Minuten zu rechnen, um die Tanks rückstandsfrei zu reinigen. Einige Fahrzeuge besitzen zudem eigene, festverbaute Pumpen und können damit eine Einspeisung in Pufferbehälter oder ins Leitungsnetz realisieren. Das benötigte Trinkwasser kann hierfür entweder aus einem umliegenden Versorgungsbereich kommen, aus einem Notbrunnen entnommen werden oder direkt aus einer (mobilen) Wasseraufbereitungsanlage. [Bäumer, 2018; Fischer & Wienand, 2013; Welter et al., 2013]

In den USA oder Israel, aber auch in anderen Ländern haben Krankenhäuser teilweise eigene Wasserreservoirs auf dem Gelände. Diese werden in der Regel durch fest installierte Wassertanks

realisiert. [Welter et al., 2013] Hierbei wird dauerhaft eine große Menge an Wasser in diesen Tanks vorgehalten und steht damit jederzeit für eine Einspeisung ins Leitungsnetz des Krankenhauses zur Verfügung. Da die Trinkwasserqualität in den Tanks ggf. nicht erhalten werden kann, sind in der Regel Anlagen zur Wasseraufbereitung zwischen Tank und Leitungsnetz geschaltet. So kann im Bedarfsfall die Trinkwasserqualität gewährleistet werden.

Die Bundesregierung hält für die Trinkwassernotversorgung der Bevölkerung die notwendigen Wassermengen in Form von Notbrunnen vor. Diese, ursprünglich für den Verteidigungsfall geplanten Anlagen, können im Großschadensfall jedoch auch zur Versorgung von Krankenhäusern herangezogen werden. Die Einrichtungen des Zivil- und Katastrophenschutzes halten die für den Betrieb erforderlichen Pumpen und Notstromaggregate vor und setzen die Brunnen im Ereignisfall in Betrieb. Sollte sich ein derartiger Brunnen auf dem Gelände des Krankenhauses befinden, so kann unter Umständen direkt in das Krankenhausnetz eingespeist werden. Ist der Brunnen jedoch weiter entfernt, muss das Wasser entweder mit Tankfahrzeugen oder in anderen mobilen Gebinden (bspw. IBC) angeliefert werden. [DIN 2001-3:2015-12; Fischer, Wienand, Heller, & Lauten, 2016]

Eine weitere Alternative der Ersatzwasserversorgung ist die Wasserentnahme aus Oberflächengewässern und eine nachgeschaltete Aufbereitung. Hierfür können mobile Wasseraufbereitungsanlagen, beispielsweise der Bundeswehr, des THW oder des WVU zum Einsatz kommen. Abhängig von der Art der Aufbereitung muss das Gewässer gewisse Voraussetzungen erfüllen (keine Trübung, keine Erhöhung chemischer und radiologischer Parameter, etc.). Befindet sich das Gewässer in der Nähe des Krankenhauses, ist eine direkte Einspeisung ins Krankenhausnetz denkbar, ist dies nicht der Fall, sind Transportkapazitäten erforderlich. [DIN 2001-3:2015-12; Bäumer, 2018]

5.7 Erkenntnisse aus der Literaturrecherche

Mit den Ergebnissen der Literaturrecherche können die untergeordneten Fragestellungen 1, 3 und 4 grundlegend und theoretisch beantwortet werden, Frage 2 lässt sich nur unzureichend beantworten. Zudem wurden einige Erkenntnisse zu Frage 5 gewonnen, die weiterführend mit Hilfe der Interviews betrachtet werden. Die Auswertung der gesammelten Quellen, der Wasserverbrauchswerte und der Möglichkeiten zur Ersatz- bzw. Notwasserversorgung lassen sich wie folgt zusammenfassen und erlauben einige erste Rückschlüsse auf die Versorgung der Krankenhäuser mit (Trink-)Wasser:

Um den Wasserbedarf im Notfallbetrieb ermitteln zu können, muss zunächst der Wasserbedarf im Regelfall bestimmt werden. Hierfür wurden zwei große Studien betrachtet. Eine Studie der EnergieAgentur.NRW und Verbrauchswerte der VDI 3807-2:2014-11. In diesen Studien ist zu erkennen, dass der Wasserverbrauch von 1993 bis 2008 abgenommen hat und der Wasserverbrauch laut VDI 3807-2 bei zunehmender Größe des Krankenhauses zunimmt. Aus der Erhebung der EnergieAgentur.NRW ist dieser Zusammenhang nicht zu erkennen, die Erhebung schließt jedoch

auch den Wasserbedarf von Küche, Wäscherei und Sterilisation aus. Damit sind die Werte des Verbrauchs der EnergieAgentur.NRW für den Fall der Abschaltung dieser Bereiche interessant und die Werte der VDI 3807-2 bei Aufrechterhaltung dieser Bereiche. In einem internationalen Vergleich schneiden deutsche Krankenhäuser mit einem mittleren Wasserbedarf von 408 L pro Bett und Tag sehr gut ab. Amerikanische Krankenhäuser benötigen das Doppelte an Wasser und daher ist eine Übertragbarkeit von Maßnahmen aus der amerikanischen Literatur in Frage zu stellen, da es offensichtlich signifikante Unterschiede gibt.

Betrachtet man den Wasserverbrauch nach Bereichen im Krankenhaus, wird ersichtlich, dass das Bettenhaus den höchsten Bedarf hat (ca. die Hälfte), gefolgt von Bereichen zur Behandlung sowie Anlagen zur Wasserenthärtung. Die Wäscherei nimmt zudem einen nicht zu vernachlässigenden Bedarf an Wasser ein. In einer Studie aus Jordanien wurde der Verbrauch wie folgt aufgeschlüsselt: Toiletten 20 %; Wäscherei 16 %; Duschen 13 %; Lecks 9 %; Küche 7 %, Händewaschen 5 %; Sterilisation 6 %; Gebäudereinigung 2 %; und Labore 1 %.

Da bei einem Ausfall der Trinkwasserversorgung das zur Verfügung stehende Wasser nach Prioritäten zugeteilt werden muss, ist die Identifizierung von kritischen Bereichen im Krankenhaus essentiell. Eine Unterteilung in medizinische und technische Bereiche bietet sich wie weiter oben bereits erwähnt zur groben Einordnung an. Die kritischen medizinischen Bereiche sind direkt an der Versorgung der Patienten beteiligt wie Notaufnahme, Intensivstationen, Anästhesiologie, Dialyse, Kreißsaal, Radiologie und Labore. Die technisch kritischen Bereiche sind nicht direkt an der Patientenversorgung beteiligt, jedoch für den Betrieb des Krankenhauses essentiell. Technisch kritische Abteilungen sind sanitäre Einrichtungen, Gebäudereinigung, Sterilisation, Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage, Küche, Wäscherei, Wasseraufbereitungsanlagen und (Not-)Kühlung von Geräten und Anlagen.

Die Sicherstellung der Wasserversorgung kann wie gesagt über mehrere Wege stattfinden. Zum einen leitungsgebunden über Verbundleitungen anderer WVU und direkt vor Ort aus Brunnen oder Wasseraufbereitungsanlagen mit einer Einspeisung ins Krankenhausnetz. Leitungsgebundene Versorgungskonzepte sind zu bevorzugen. Sollte das jedoch nicht möglich sein, kann die leitungsungebundene Versorgung mittels abgepacktem Wasser (Trinkwasserflaschen oder IBC) erfolgen und/oder Wasser mit Tankfahrzeugen geliefert und ins Krankenhausnetz eingespeist und/oder Wasser aus entfernten Notbrunnen und mobilen Wasseraufbereitungsanlagen an das Krankenhaus geliefert werden.

Rechnet man den Wasserbedarf hoch für ein Krankenhaus mit 4.000 Mitarbeitern (15 L pro Tag), 900 Betten auf Normalstationen (75 L pro Bett und Tag) und 100 Betten auf Spezialstationen (150 L pro Bett und Tag), ergibt sich ein Bedarf von 142 m³ pro Tag. Im Vergleich zu den Wasserverbrauchswerten der EnergieAgentur.NRW ergibt das eine Abdeckung von 48 % des Regelbedarfs bei Krankenhäusern der Kategorie IV und 37 % bei Kategorie V. Im Vergleich zu den

Werten des VDI sind es 38 % bei Kategorie IV und 20 % bei Kategorie V. Bei einem Vergleich mit dem Wasserverbrauch nach Bereichen wird ersichtlich, dass ein Weiterbetrieb, speziell bei Abschaltung möglichst vieler Bereiche, theoretisch möglich ist.

Zur Einsparung des Wasserverbrauchs stehen diverse Möglichkeiten zur Verfügung: Reduktion von Hände- und Körperwaschung und Ersatz durch Desinfektion, Absage von elektiven und nicht dringenden Eingriffen und Untersuchungen bis hin zur Abschaltung ganzer Bereiche (Verwaltung etc.) oder einer Sichtung und Priorisierung von Patienten und die Abweisung nicht dringender Fälle. Welche Maßnahmen hiervon umsetzbar sind, wird in den Interviews weiter betrachtet.

6 Ergebnisse der Interviews

Zur Auswertung der Interviews werden diese nach den jeweiligen Bereichen sortiert betrachtet. Die Erkenntnisse der Interviews mit den technischen Mitarbeitern, Notfallbeauftragten, Fachkräften der Krankenhaushygiene und der Gesundheitsämter und die hierbei berichteten Erfahrungen zur Ersatz- und Notwasserversorgung werden in den nachfolgenden Kapiteln zusammengefasst und anhand der fünf untergeordneten Fragestellungen der Leitfrage betrachtet. Im Anschluss werden alle Erkenntnisse zusammengefasst und die Aussagen nach relevanten Bereichen sortiert aufbereitet. In den folgenden Kapiteln werden nun die Informationen aus den geführten Interviews dargestellt. Statt der namentlichen Nennung der Interviewpartner wird der Name des Krankenhauses verwendet. Sollten einzelne Krankenhäuser eine Anonymisierung gewünscht haben, wird das Krankenhaus mit seiner Versorgungsstufe und einer geografischen Angabe beschrieben.

6.1 Interviews mit den Fachleitern der technischen Bereiche

Bei den geführten Interviews in den technischen Abteilungen der Krankenhäuser war zu Beginn die Frage der Herkunft des Wassers im Regelbetrieb zu klären. Hierbei werden der Aufbau des internen und externen Versorgungsnetzes mit allen Besonderheiten und die Wassermengen sowie die Wasserqualität betrachtet, um die untergeordneten Fragestellungen eins und zwei gemäß Kapitel 4.1 zu klären.

Alle betrachteten Krankenhäuser, in diesem Fall das Uniklinikum Freiburg, das Herzzentrum Bad Krozingen und ein Krankenhaus der Regelversorgung in Südbaden, werden durch das öffentliche Trinkwassernetz versorgt. Sie alle verfügen über mehrere Versorgungsleitungen und mehrere Einspeisestellen in die Gebäude. Die unterschiedlichen Versorgungsleitungen sind bei allen Krankenhäusern in der Lage den gesamten Komplex vollständig mit Wasser zu versorgen. Somit wird eine redundante Versorgung sichergestellt und die Resilienz erhöht. Es zeigen sich zudem einige vorteilhafte Besonderheiten. Das Uniklinikum Freiburg hat für den Zentralcampus eine Ringverbundleitung („Lorenz Ring“), die alle dortigen Gebäude versorgt, und diese Verbundleitung wird aus mehreren Hauptleitungen gespeist. Das Herzzentrum Bad Krozingen verfügt über zwei Einspeisestellen aus zwei unterschiedlichen Leitungsnetzen. Hierbei erfolgt die Versorgung einmal aus dem städtischen Leitungsnetz und aus einer zweiten, überregionalen Versorgungsleitung, die direkt am Krankenhaus verläuft. Des Weiteren versorgt das Krankenhaus alle Anlagen zur Kälteerzeugung aus drei Tiefbrunnen, welche jedoch nicht an das Trinkwassersystem angeschlossen sind. Das Krankenhaus der Regelversorgung in Südbaden wird über das städtische Leitungsnetz versorgt und liegt sehr nahe an einem der städtischen Hochbehälter, einem Wasserreservoir des normalen Versorgungsnetzes. Vgl. [pers. Kommunikation, 21.09.2018; UHZ, pers. Kommunikation 14.09.2018; UKF, pers. Kommunikation, 19.09.2018]

Neben den in der Regel redundanten Zuleitungssystemen verfügen alle Krankenhäuser über eigene Anlagen zur Aufbereitung von Wasser für spezielle Bereiche. Hierbei handelt es sich um Anlagen der Entmineralisierung, UO-Anlagen für beispielsweise die Dialyse und Reinstwasseraufbereitungsanlagen. Vgl. [pers. Kommunikation, 21.09.2018; UHZ, pers. Kommunikation 14.09.2018; UKF, pers. Kommunikation, 19.09.2018]

Die untersuchten Krankenhäuser haben alle die Möglichkeit, das interne Krankenhausnetz partiell abzuschalten. Somit können einzelne Bereiche komplett von der Versorgung getrennt werden. Die Bereiche sind jedoch in der Regel groß. Sie reichen von ganzen Gebäuden bis hin zu mehreren Stationen oder einzelnen Bauabschnitten. Diese Abschnitte dienen in der Regel der Wartung und Reparatur. Somit ist zwar eine Abtrennung möglich, jedoch ist diese teilweise wenig selektiv, sodass beispielsweise einzelne Stationen nicht isoliert abgetrennt werden können. Vgl. [pers. Kommunikation, 21.09.2018; UHZ, pers. Kommunikation 14.09.2018; UKF, pers. Kommunikation, 19.09.2018]

Bei einer Betrachtung der benötigten Wassermenge hat das Uniklinikum Freiburg einen Verbrauch von ca. 1.070 L pro Planbett und Tag, das Herzzentrum in Bad Krozingen hat einen Wasserverbrauch von 265 L pro Planbett und Tag und das Krankenhaus der Regelversorgung einen Wasserverbrauch von ca. 318 L pro Planbett und Tag. Das Krankenhaus in Bad Krozingen ermöglicht zudem eine detailliertere Betrachtung aufgrund einer kleinteiligeren Bestimmung des Wasserbedarfs. Es handelt sich insgesamt um drei Bereiche: der erste Bereich mit 120 Betten und dem Bereich für Herzkatheter hat einen Bedarf von 456 L pro Planbett und Tag, der zweite Bereich mit Allgemeinpflge (130 Betten), Echokardiographie und angemieteten Praxisräumen hat einen Wasserverbrauch von 63 L pro Planbett und Tag und der dritte Bereich mit Allgemeinpflge (60 Betten), Intensivstation (20 Betten), OP-Bereich (5 OP-Säle) und der Zentralsterilisation hat einen Bedarf von 320 L pro Planbett und Tag. Vgl. [pers. Kommunikation, 21.09.2018; UHZ, pers. Kommunikation 14.09.2018; UKF, pers. Kommunikation, 19.09.2018]

Bei Betrachtung der geforderten Wasserqualität zeigt sich bei allen Krankenhäusern, dass die Regelversorgung ausschließlich über Trinkwasser sichergestellt wird. Das Uniklinikum Freiburg benutzt für die Bewässerung der Grünanlagen Regen- und Grauwasser. Eine Verwendung von Regen- oder Grauwasser für Toilettenspülungen o.ä. findet in keinem Krankenhaus statt. Ob die Anlagen im Krankenhaus mit anderen Wasserqualitäten als Trinkwasser betrieben werden könnten, kann leider nur vage beantwortet werden. Es ist aber denkbar, dass nicht getrübtetes Betriebs- oder Notwasser zur Speisung von Anlagen geeignet ist und keine Schädigung verursacht. Bei der Einspeisung in die vorhandenen Wasseraufbereitungsanlagen kann hierzu keine Aussage getroffen werden, eine weitere Untersuchung erscheint aber sinnvoll. Vgl. [pers. Kommunikation, 21.09.2018; UHZ, pers. Kommunikation 14.09.2018; UKF, pers. Kommunikation, 19.09.2018]

Bei Betrachtung von wasserintensiven Bereichen wurden in allen Krankenhäusern, soweit vorhanden, die Küche, die Sterilisation und die Wäscherei als wasserintensiv identifiziert. Klimaanlage und Kühltürme, wie in der amerikanischen Literatur angegeben, benötigen in den betrachteten Krankenhäusern kein Trinkwasser, da diese über Glykol-Kälteringe betrieben werden. Lediglich die Notwasserkühlung von Servern und medizinischen Großgeräten benötigen Leitungswasser. Des Weiteren besitzt das UKF ein eigenes Dampfkraftwerk, welches über eine Entsalzungsanlage verfügt und Dampf für diverse Zwecke im Krankenhaus produziert. Die entstehenden Kondensate werden zwar zurückgeleitet, jedoch muss eine dauerhafte Nachspeisung in diesen Kreislauf erfolgen und hierfür wird Trinkwasser bzw. VE-Wasser benötigt. Vgl. [pers. Kommunikation, 21.09.2018; UHZ, pers. Kommunikation 14.09.2018; UKF, pers. Kommunikation, 19.09.2018]

Weiterführend werden die Fragestellungen betrachtet, die sich mit der Sicherstellung der Wasserversorgung im Notfall befassen. Hierzu wird betrachtet, wie die Wasserversorgung sichergestellt wird, ob es Maßnahmen im Regelbetrieb gibt, die die Notfallversorgung verbessern, welche Bereiche versorgt werden müssen und welche weiteren Parameter sich auf die Sicherstellung der Wasserversorgung im Notfall auswirken.

Es ist davon auszugehen, dass sich Wassersparmaßnahmen im Regelbetrieb positiv auf die Aufrechterhaltung des Betriebs bei Ausfall der Trinkwasserversorgung auswirken. Daher sind Maßnahmen wie die Wiederverwertung von Kondensat in Dampfanlagen oder wasserlose Urinale nur zwei Beispiele für solche Maßnahmen. Im UHZ ist bei Wassersparmaßnahmen aufgefallen, dass auch die Abwassersysteme eine gewisse Menge an Wasser benötigen um ordnungsgemäß zu funktionieren und, dass zu starkes Wassersparen sich hier negativ auswirken kann (bspw. Verstopfung des Abwassernetzes). Daher ist zwischen Einsparung und ausreichend Durchfluss für ein Funktionieren des Abwassersystems eine Balance zu finden. Neben dem Abwassersystem kann sich starkes Wassersparen auch negativ auf die Frischwasserleitungen auswirken, wenn diese im Bestand überdimensioniert sind und es dann zur Stagnation des Wassers kommt. Des Weiteren ist die Einsparung von Wasser an Wasserhähnen mit speziellen Perlatoren kritisch zu bewerten, da hieraus auch hygienische Probleme durch stagnierendes Wasser entstehen können. Vgl. [pers. Kommunikation, 21.09.2018; UHZ, pers. Kommunikation 14.09.2018; UKF, pers. Kommunikation, 19.09.2018]

Bei Betrachtung der Ersatz- bzw. Notwasserversorgung fallen Unterschiede in der Art der Sicherstellung zwischen den Krankenhäusern auf. Zwei Krankenhäuser halten ausreichende Mengen an Flaschenwasser vor, um im Ereignisfall für einen gewissen Zeitraum zumindest Trinkwasser zur Verfügung stellen zu können. Das UHZ hat zudem einen Vertrag mit einem örtlichen Getränkeliieferanten, welcher im Notfall größere Mengen Flaschenwasser, und auch die hierfür notwendige Logistik, zur Verfügung stellt. Das UKF hat eigene Trinkwasserbrunnen in den

Gebäuden. Ob eine Vorhaltung von Flaschenwasser erfolgt, ist nicht bekannt. Eine Einspeisemöglichkeit für Wasser wird am UHZ derzeit geschaffen, um von einem Tankfahrzeug aus in das Leitungsnetz einspeisen zu können. Das UKF hat die Möglichkeit, in die Ringversorgung durch Notbrunnen einzuspeisen, und das dritte Krankenhaus kann über die technische Abteilung binnen eines Arbeitstages eine Einspeisestelle im Leitungsnetz schaffen. Bei Einspeisestellen ist zu empfehlen, dass diese auf einem Hauptstrang liegen, um die regulären Möglichkeiten zur Abtrennung von gewissen Teilen des Leitungsnetzes zu nutzen. Vgl. [pers. Kommunikation, 21.09.2018; UHZ, pers. Kommunikation 14.09.2018; UKF, pers. Kommunikation, 19.09.2018]

Im Ereignisfall ist die Versorgung der wichtigsten Bereiche notwendig. Am UKF gibt es hierfür ein Notfallkonzept, welches die Prioritäten der Versorgung regelt. Bei einer Einspeisung aus den Notbrunnen in das Ringsystem können nur Gebäude und Abteilungen versorgt werden, die an diesen Ring angeschlossen sind. Hierbei handelt es sich jedoch um die essentiellen Bereiche. Neben dem Versorgungsring ist das UKF stark von der Dampfversorgung abhängig. Hier erfolgt zwar eine Rückführung von Kondensat, jedoch muss trotzdem VE-Wasser nachgespeist werden. Die Heizung, die Klimaanlage, die Warmwasseraufbereitung und aktuell die Sterilisation sind von Dampf abhängig. Am UHZ werden die Funktionsbereiche (OP, Intensivstationen, Labore und Sterilisation) und die Notkühlung des MRT weiterversorgt. Speziell die Notkühlung des MRT oder ggf. auch der Server sind essentiell für deren Betrieb und ohne diese können sie nicht gefahrlos weiterbetrieben werden. Vgl. [pers. Kommunikation, 21.09.2018; UHZ, pers. Kommunikation 14.09.2018; UKF, pers. Kommunikation, 19.09.2018]

Betrachtet man das Sparpotential durch Abschalten von Anlagen, werden wiederum große Unterschiede zwischen den betrachteten Krankenhäusern deutlich. Bei den kleineren Krankenhäusern ist die gesamte Anlagentechnik überschaubar und eine Abschaltung hätte fast keinen Effekt. Bei einem großen Krankenhaus, wie dem UKF, sind über Abschaltung von Anlagen große Einsparungen möglich, jedoch sind viele Anlagen voneinander abhängig und daher müssen diese nach den Vorgaben des Notfallkonzepts abgeschaltet werden. Neben den technischen Anlagen haben die Küche und die Wäscherei in der Regel einen hohen Wasserbedarf und eine Abschaltung führt zu entsprechender Einsparung. Des Weiteren können organisatorische Maßnahmen wie Duschzeiten oder ähnliches getroffen werden, um den Wasserbedarf besser über den Tag zu verteilen. Vgl. [pers. Kommunikation, 21.09.2018; UHZ, pers. Kommunikation 14.09.2018; UKF, pers. Kommunikation, 19.09.2018]

Neben den Bereichen zur Einsparung von Wasser ist der Wasserverbrauch in seiner Abhängigkeit von Tages- und Jahreszeiten zu betrachten. Speziell in Südbaden kann es im Sommer sehr warm werden und dadurch wird die Notkühlung von Anlagen im Sommer wahrscheinlicher. Zudem können Mitarbeiter, die bspw. mit dem Fahrrad zur Arbeit kommen, dort duschen. Die Klimaanlage sind weitgehend unabhängig von der Trinkwasserversorgung und daher unproblematisch. Bei

Untersuchung der Tageszeiten wird deutlich, dass der hauptsächliche Wasserbedarf zwischen 06:00 und 23:00 besteht. Im Speziellen ist der Wasserbedarf vormittags, wenn die Patienten gepflegt werden, und vor sowie nach den Mahlzeiten hoch, da die Küche für Speisenzubereitung und Geschirrspülen große Mengen an Wasser benötigt. Vgl. [pers. Kommunikation, 21.09.2018; UHZ, pers. Kommunikation 14.09.2018; UKF, pers. Kommunikation, 19.09.2018]

Eine Mindestmenge, welche im Notfall eingespeist werden muss, ergibt sich lediglich aus den benötigten Wassermengen, jedoch nicht aus den technischen Spezifikationen des Leitungsnetzes. Wiederum muss bei der Einspeisung ein ausreichender Druck erreicht werden, um vor allem höher gelegene Geschosse und Gebäudeteile versorgen zu können. Hierbei ist ein Druck von 4-5 bar als Mindestdruck erforderlich. Vgl. [pers. Kommunikation, 21.09.2018; UHZ, pers. Kommunikation 14.09.2018; UKF, pers. Kommunikation, 19.09.2018]

Bei einer Betrachtung des Brandschutzes ist zu erkennen, dass Krankenhäuser mit einer Sprinkleranlage einen hierfür notwendigen Tank besitzen und somit die Sprinklerung sichergestellt werden kann. Die restliche Löschwasserversorgung erfolgt jedoch aus dem öffentlichen Trinkwassernetz und ist somit hiervon abhängig. Vgl. [pers. Kommunikation, 21.09.2018; UHZ, pers. Kommunikation 14.09.2018; UKF, pers. Kommunikation, 19.09.2018]

Abschließend ist zu betrachten, welche Maßnahmen erforderlich sind, um von einem Ersatz- bzw. Notwasserbetrieb wieder zum Regelbetrieb zurückzustellen. Hierbei ist zwingend eine Spülung des Leitungsnetzes erforderlich und anschließend eine Probenentnahme. Erreicht das Wasser nach der ersten Spülung die Anforderungen der TrinkwV, kann der Betrieb regulär weiterverfolgt werden, sollte dies nicht der Fall sein, ist eine erneute Spülung oder ggf. eine Desinfektion erforderlich. Die Krankenhäuser sind hierauf in der Regel vorbereitet, da dieselben Maßnahmen nach bspw. Bauvorhaben am Leitungsnetz durchgeführt werden müssen. Vgl. [pers. Kommunikation, 21.09.2018; UHZ, pers. Kommunikation 14.09.2018; UKF, pers. Kommunikation, 19.09.2018]

6.2 Interviews zum Thema Notfallplanung

Neben den technischen Abteilungen ist die Betrachtung der Notfallkonzepte der befragten Krankenhäuser von Interesse. Hierzu wurden der Notfallkoordinator des KKH-Emmendingen und des UHZ befragt. Als Besonderheit ist hier zu erwähnen, dass der Notfallkoordinator des UHZ gleichzeitig technischer Leiter ist und mit dieser Person zwei Interviews zu den beiden Themenbereichen geführt wurden.

Die betrachteten Krankenhäuser verfügen beide über ein Gefahrenabwehrkonzept. Das KKH-Emmendingen macht hierzu eine Unterteilung in interne und externe Gefahrenlagen. Zum Bereich „Ausfall Kritischer Infrastrukturen“ bearbeitet das Konzept die Themen Stromausfall und Ausfall der Heizungsanlage. Ein Ausfall der Trinkwasserversorgung wird nicht explizit betrachtet. Das UHZ hat das Gefahrenabwehrkonzept ebenfalls in interne und externe Gefahrenlagen unterteilt, es geschieht

jedoch eine weitere Unterteilung in Ereignisse mit kleinem oder großem Ausmaß. Der Bereich „Ausfall Kritischer Infrastrukturen“ deckt im UHZ unter anderem den Strom- und den Trinkwasserausfall ab. Vgl. [KKH-Emmendingen, pers. Kommunikation, 13.09.2018; UHZ, pers. Kommunikation, 14.09.2018]

Betrachtet man die kritischen Bereiche in beiden Krankenhäusern, so finden sich Überschneidungen. Als kritische Bereiche gelten in beiden Krankenhäusern der OP-Bereich und die Intensivstationen. Des Weiteren sind im Interview mit dem UHZ die gesamte Diagnostik sowie die sanitären Anlagen als kritische Bereiche identifiziert, im KKH-Emmendingen sind ergänzend der Kreißsaal und die Ambulanz genannt worden. Die Ambulanz dient im Speziellen bei einer Verlegung von Patienten in andere Krankenhäuser als Schnittstelle zum Rettungsdienst und ist in diesem Fall von Interesse. Sollte eine Versorgung dieser Bereiche in den ersten Stunden nicht möglich sein, so ist davon auszugehen, dass das Krankenhaus für die Notfallversorgung abgemeldet werden muss. Zudem ist davon auszugehen, dass Probleme, die sich in den ersten Stunden nicht kontrollieren lassen, auch weiterführend schwer zu kontrollieren sind. Ob bei einem Ausfall der Trinkwasserversorgung die Menge an bereitgestelltem Ersatz- oder Notwasser einen Einfluss auf die Aufrechterhaltung hat oder die Probleme ggf. an anderer Stelle entstehen, wurde im Interview hinterfragt. Vgl. [KKH-Emmendingen, pers. Kommunikation, 13.09.2018; UHZ, pers. Kommunikation, 14.09.2018]

Die Konzepte bzw. Ideen zur Notfallversorgung bei Ausfall der Trinkwasserversorgung stimmen in der Form der Bereitstellung von Trinkwasser aus Flaschen überein. Das UHZ hat hierfür Absprachen mit einem örtlichen Getränkehändler zur Bereitstellung von größeren Mengen an Flaschenwasser und der dazu notwendigen Logistik getroffen. Des Weiteren wird am UHZ eine dauerhafte Einspeisemöglichkeit für bspw. Fahrzeuge der Feuerwehr oder Anlagen des THW geschaffen. Bei dieser Einspeisestelle ist die Einspeisung von Trink- oder Betriebswasser vorgesehen. Am UHZ wird in den Gefahrenabwehrplänen von der Beschreibung expliziter Szenarien abgesehen, da davon auszugehen ist, dass ein eintretendes Ereignis sich mit großer Wahrscheinlichkeit von diesen Szenarien unterscheidet. Daher werden grundsätzliche Strukturen und technische Rahmenbedingungen geschaffen, um individuell und angepasst auf jedes Ereignis reagieren zu können. Die Bearbeitung von Ereignissen obliegt einer Gefahrenabwehrgruppe, die regelmäßig auch Übungen zu diesem Thema durchführt. Am KKH-Emmendingen ist auch eine derartige Gefahrenabwehrgruppe eingerichtet, die sich im Ereignisfall mit der individuellen Bearbeitung des Ereignisses befasst. Vgl. [KKH-Emmendingen, pers. Kommunikation, 13.09.2018; UHZ, pers. Kommunikation, 14.09.2018]

Die Einbindung von Behörden und Ämtern ist bei den betrachteten Krankenhäusern unterschiedlich. Das UHZ steht in regelmäßigem Austausch mit dem Amt für Brand- und Katastrophenschutz und dem Landratsamt, um im Ereignisfall schnelle und situationsangepasste Entscheidungen zu treffen. Am KKH-Emmendingen ist das Gesundheitsamt eingebunden, welches die Unterlagen zur

Gefahrenplanung regelmäßig kontrolliert. Vgl. [KKH-Emmendingen, pers. Kommunikation, 13.09.2018; UHZ, pers. Kommunikation, 14.09.2018]

6.3 Interviews zum Thema Krankenhaus- und Trinkwasserhygiene

Da neben den medizinischen und technischen Bereichen auch die Hygiene bei der Wasserversorgung eine große Rolle spielt, wurden zwei Interviews mit Experten der Krankenhaushygiene des UKF und des UKB sowie mit zwei Mitarbeitern des Kölner Gesundheitsamtes geführt. Aufgrund der thematischen Überschneidung und teilweise gleicher oder sehr ähnlicher Fragestellungen werden diese Interviews gemeinsam ausgewertet. Zudem wurden im Interview zu Erfahrungen im Bereich Ersatz- und Notwasserversorgung mit dem Gesundheitsamt des Wetterau Kreises insgesamt vier Fragen zur Hygiene behandelt, die in diesem Kapitel aufgrund der thematischen Zusammengehörigkeit ausgewertet werden. Es handelt sich um die Frage des größten hygienischen Problems bei Ausfall der öffentlichen Trinkwasserversorgung, welche Maßnahmen zur Wassereinsparung hygienisch vertretbar sind, für welche Zwecke die Wasserqualität reduziert werden kann und welche Aspekte aus Sicht der Krankenhaushygiene noch ergänzt werden sollten. Betrachtet man die Bereiche im Krankenhaus, die aus hygienischer Sicht als erstes bzw. in größtem Maß zu Störungen und Einschränkungen bei Ausfall der Wasserversorgung neigen, sind sich die Interviewteilnehmer im Punkt „sanitäre Anlagen“ einig. Ein Ausfall der sanitären Anlagen führt fast sofort zu einem hygienischen Problem für das Krankenhaus, für Patienten wie für Mitarbeiter. Bei den Toiletten ist im weiteren Verlauf die benötigte Menge an Wasser zum Spülen als kritisch zu sehen, nicht die Qualität. Ein weiterer Bereich, der sehr schnell zu Einschränkungen führt, ist die Sterilisation von Instrumenten und die Aufbereitung von Medizinprodukten. Ohne diese kann der Krankenhausbetrieb nicht aufrechterhalten werden. Zur Überbrückung kann in der Regel von Lagerbeständen von Instrumenten und ggf. vorhandenem Einmalmaterial Gebrauch gemacht werden, jedoch sind die Bestände in der Regel niedrig und eignen sich somit nur für eine kurze Überbrückung. Aber auch die Aufbereitung von Medizinprodukten wie bspw. Beatmungsmaschinen ist abhängig von Trinkwasser, da die Desinfektionslösungen mit diesem hergestellt werden. Ein weiterer kritischer Punkt ist die Bereitstellung von Wasser in ausreichend hoher Qualität für Risikobereiche wie Intensivstationen, den OP-Bereich, Neonatalzentren und immunsupprimierte Patienten. Diese Patientengruppen benötigen Wasser, welches über die Anforderungen der TrinkwV hinausgeht, fast schon steriles Wasser. Auch die Bereitstellung von Wasser für bspw. Dialysegeräte ist problematisch, weil diese über eine vorgeschaltete UO-Anlage mit VE-Wasser versorgt werden müssen und daher von einer leitungsgebundenen Versorgung abhängig sind. Vgl. [Gesundheitsamt-Köln, pers. Kommunikation, 20.12.2018; UKB, pers. Kommunikation, 13.12.2018; UKF, pers. Kommunikation, 07.12.2018, Gesundheitsamt-Wetteraukreis, pers. Kommunikation, 10.12.2018]

Eine quantitative Betrachtung der Problematik mit Fokus auf der zeitlichen Komponente zeigt, dass ein Ausfall der Trinkwasserversorgung sehr schnell zu Problemen im Betrieb führt. Eine annahmengestützte Hochrechnung des UKB ergab ein Zeitfenster von ca. 30 Minuten bis zum Eintreten erster gravierender Probleme. Eine grobe Abschätzung des UKB und des UKF lässt vermuten, dass es in den ersten 1-2 Stunden im gesamten Krankenhaus zu gravierenden Problemen kommt. [UKB, pers. Kommunikation, 13.12.2018; UBF, pers. Kommunikation, 07.12.2018]

Als erstes werden mit großer Wahrscheinlichkeit die sanitären Anlagen zu Problemen führen und dann weiterführend die Sterilgutversorgung. Danach werden alle Bereiche des Krankenhauses in einer Kaskade von Ausfällen ihren Betrieb einschränken bzw. aufgeben müssen. Weiterführend ist zu bedenken, dass das Krankenhaus bei einem längerfristigen Ausfall der Wasserversorgung als „Leuchtturm“ für die Bevölkerung dient. Die Bevölkerung wird wissen, dass das Krankenhaus Wasser hat, und daher das Krankenhaus auch aus nicht medizinischen Gründen aufsuchen. [UKB, pers. Kommunikation, 13.12.2018; UKF, pers. Kommunikation, 07.12.2018]

Eine Betrachtung der derzeitigen Konzepte auf Ebene der Kommunen zeigt, dass ein Problembewusstsein besteht und sich die beteiligten Akteure um Konzepte und Lösungen bemühen, hier jedoch Handlungsbedarf besteht. Als Grund ist hier anzuführen, dass im Bereich der Krankenhäuser früher Notbrunnen vorhanden waren, diese aber im Laufe der letzten zwei bis drei Jahrzehnte zurückgebaut wurden, da die Notwendigkeit seitens der Bundesregierung nicht erkannt wurde. Das Problem wurde inzwischen jedoch identifiziert und wird unter anderem durch das BBK bearbeitet. [Gesundheitsamt-Köln, pers. Kommunikation, 20.12.2018]

Die Zuständigkeit zur Ersatz- und Notwasserversorgung geht, in Abhängigkeit des Ausmaßes eines Ausfalls, von den Krankenhäusern über die WVU zu den Kommunen und weiterführend zu den Bundesländern und schließlich der Bundesregierung. Eine genaue Abgrenzung findet hierbei nicht statt. Die Entscheidung die nächsthöhere Ebene einzuschalten obliegt der zuständigen Ebene und kann jederzeit erfolgen, wenn ein Ereignis nicht mit den eigenen Mitteln beherrscht werden kann. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass Krankenhäuser oft schon mit einer leichten Verkeimung der Rohrleitungen oder des zur Verfügung gestellten Trinkwassers im Regelbetrieb überfordert sind. Es mangelt hierfür an den notwendigen Strukturen und technischen Einrichtungen um derartige Probleme beherrschen zu können. Es ist davon auszugehen, dass Ereignisse größeren Ausmaßes zu ähnlichen Problemen führen. [Gesundheitsamt-Köln, pers. Kommunikation, 20.12.2018]

Da sich Bakterien in stagnierendem Wasser schnell vermehren, ist zu überprüfen, wie lange das Wasser in den Leitungen stillstehen darf, bevor hygienische Probleme auftreten. Speziell für den Fall einer leitungsgebundenen Alternativversorgung ist dieser Punkt unbedingt zu beachten. Eine pauschale Antwort kann auf diese Frage jedoch nicht gegeben werden, da die Geschwindigkeit der Verkeimung sehr stark von den zugrundeliegenden Bedingungen abhängig ist. Parameter wie das Alter des Leitungsnetzes, Zustand des Leitungsnetzes (Biofilmbildung, Korrosion), Temperatur des

Wassers und Außentemperatur, Stagnation von Wasser im Leitungsnetz und Überdimensionierung der Leitungen wirken sich alle auf die Dauer bis zur Überschreitung der TrinkwV aus. Zudem ist zu betrachten, ob es um eine Gefährdung von Normalpatienten und Mitarbeitern geht oder Patienten in Risikobereichen. In den Risikobereichen kann es wesentlich schneller zu kritischen Problemen durch Verkeimung des Trinkwassers kommen. Es kann somit nach 4-5 Stunden oder erst nach ein bis zwei Tagen Gesundheitsprobleme geben, eine Überschreitung der Grenzwerte der TrinkwV und eine Gefährdung von Risikopatienten ist aber bereits nach 4-5 Stunden denkbar und in gewissem Rahmen wahrscheinlich. Nach spätestens 72 Stunden geht man von einer Betriebsunterbrechung aus und daraufhin muss das Leitungsnetz gespült und ggf. desinfiziert werden. Zudem kommt es aber auch auf die Art des Ereignisses an. Im Katastrophenfall mit einer starken Wasserknappheit wird man freizügiger mit Wasser umgehen das die TrinkwV nicht erfüllt, als bei weniger kritischen Ereignissen. [Gesundheitsamt-Köln, pers. Kommunikation, 20.12.2018; UKB, pers. Kommunikation, 13.12.2018; UKF, pers. Kommunikation, 07.12.2018]

Betrachtet man die Möglichkeiten zur Ersatz- bzw. Notwasserversorgung ist die Frage zu klären für welche Bereiche eine leitungsgebundene und wo eine leitungsungebundene Versorgung in Frage kommt.

Bei der leitungsungebundenen Versorgung ergeben sich mehrere Probleme. Zum einen ist bei der leitungsungebundenen Versorgung die Einspeisung in technische Anlagen ausgeschlossen, soweit das Wasser nicht mit Tankfahrzeugen geliefert wird und direkt ins Krankenhausnetz eingespeist werden kann. Somit muss bei der Bereitstellung von Wasser aus Flaschen oder Kanistern auf die Versorgung von bspw. Dialysegeräten verzichtet werden. Auch andere Anlagen wie Küche, Wäscherei und Sterilisation können so nicht betrieben werden. Aus hygienischer Sicht ist jedoch nichts gegen eine Bereitstellung von Wasser in Flaschen, Kanistern oder an einer Ausgabestelle im Hof einzuwenden. Das Wasser kann zum Trinken, Waschen, Kochen und Toilettenspülen verwendet werden. Bei der Ausgabe im Hof aus z.B. Tankfahrzeugen ergeben sich hingegen logistische Probleme. Zum einen müssen Fahrzeuge für den Transport von Trinkwasser zur Verfügung stehen und zum anderen müssen die verwendeten Gebinde im Krankenhaus verteilt werden. Es muss Personal abgestellt werden, das die Kanister auf die Stationen bringt. Da Feuerwehren, das THW, Katastrophenschutz und auch Mitarbeiter des Krankenhauses in ihren Arbeitsbereichen benötigt werden, ist diese Frage im Zuge einer Konzipierung zu klären. Des Weiteren ist zu beachten, dass Notwasser die TrinkwV nicht erfüllt und auch das Abfüllen aus einem Tankfahrzeug in Kanister die Trinkwasserqualität verschlechtert. [Gesundheitsamt-Köln, pers. Kommunikation, 20.12.2018; UKB, pers. Kommunikation, 13.12.2018; UKF, pers. Kommunikation, 07.12.2018]

Betrachtet man die leitungsgebundene Versorgung ergibt sich das größte Problem in der Regel bei den fehlenden Einspeisemöglichkeiten ins Krankenhausnetz. Auch die Verwendung von Schlauchleitungen als Ersatz zum öffentlichen Trinkwassersystem ist durchaus möglich und, solange

das Wasser in der Leitung fließt, sollten keine hygienischen Probleme entstehen. Bei der Versorgung mit Tankfahrzeugen und Wasseraufbereitungsanlagen vor Ort und Einspeisung ins Krankenhausnetz ist zu beachten, dass hierfür ein ausreichender Druck und auch ein gewisser Förderstrom erforderlich ist. Somit müssen die verwendeten Pumpen Druck und Förderstrom erreichen können. Bestenfalls kann die öffentliche Trinkwasserversorgung schnell wieder in Betrieb genommen werden, zumindest in einem Notbetrieb und die Versorgung auf diese Art erfolgen. Hierbei ist jedoch fraglich ob das Leitungsnetz eine priorisierte Versorgung des Krankenhauses technisch möglich macht. [Gesundheitsamt-Köln, pers. Kommunikation, 20.12.2018; UKB, pers. Kommunikation, 13.12.2018]

Wenn man Maßnahmen im Einzelnen auf ihre Eignung zur Einsparung von Wasser hin überprüft, ergeben sich viele Überschneidungen in den geführten Interviews. Im Großen und Ganzen benötigt man nur für das wirkliche Trinken von Wasser und für die Risikobereiche Wasser in Trinkwasserqualität. Toiletten können ohne Probleme mit Regen- oder Betriebswasser gespült werden. Ob die Toilettenspülung auf Stationen mit immunsupprimierten Patienten mit Trinkwasser erfolgen muss, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden. Auf Normalstationen kann auf fließendes Wasser verzichtet werden. Das Händewaschen wird schon im Regelbetrieb auf ein Minimum reduziert und durch Desinfektion ersetzt. Lediglich bei Verschmutzung der Hände und ggf. bei erstmaligem Betreten des Gebäudes ist das Händewaschen erforderlich. Das Händewaschen kann in diesem Fall auch aus Flaschen oder Kanistern erfolgen. Händewaschen an einer Ausgabestelle im Hof ist auch eine denkbare Möglichkeit. Problematisch wird das Waschen der Hände jedoch bei Kontamination der Hände mit entweder Sporen von Bakterien, da diese nicht durch Desinfektion abgetötet werden können, oder bei einer Kontamination mit chemischen oder radiologischen Stoffen. In diesen Fällen ist Händewaschen dringend notwendig und muss vor Ort geschehen, da sonst eine Kontamination auf dem Weg zur Waschstelle befürchtet werden muss. Ob im Ereignisfall ausreichend Flaschenwasser und die notwendige Logistik für den Transport bereitgestellt werden kann, ist kritisch zu betrachten. Aus hygienischer Sicht spricht weiterführend nichts gegen die Verwendung von transportablen, chemischen Toiletten jedoch muss eine regelmäßige Kontrolle und Reinigung erfolgen, da sonst schnell hygienische Probleme auftreten können. Des Weiteren ist die Akzeptanz in diesem Fall fraglich, da Patienten und Mitarbeiter ggf. trotz allem weiter die normalen Sanitärräume verwenden auch wenn diese nicht mit Wasser versorgt werden. Bei bettlägerigen Patienten wird der Toilettengang in der Regel auf der Bettpfanne oder einem Toilettenstuhl mit Edelstahlpfanne verrichtet und diese ist dann mit Wasser zu reinigen. Es kann hierfür jedoch Wasser reduzierter Qualität verwendet werden, wenn anschließend eine Wischdesinfektion durchgeführt wird. [Gesundheitsamt-Köln, pers. Kommunikation, 20.12.2018; UKB, pers. Kommunikation, 13.12.2018; UKF, pers. Kommunikation, 07.12.2018, Gesundheitsamt-Wetteraukreis, pers. Kommunikation, 10.12.2018]

Bei der Körperpflege kann durchaus auf Wasser verzichtet werden, was in einigen Krankenhäusern auch gemacht wird. Hier ist jedoch zu beachten, dass für den Patienten das Waschen für sein subjektives Verständnis mit Wasser zu erfolgen hat. Eine Begrenzung der Körperpflege auf den Achsel- sowie den Intim- und Leistenbereich ist als ausreichend zu sehen. Die Körperpflege kann auch auf jeden zweiten, dritten oder vierten Tag reduziert werden. Auch der Wechsel von Kleidung muss nicht zwingend täglich erfolgen. In diesem Fall ist nicht die Hygiene das Problem, sondern der Ekel der Patienten bzw. Mitarbeiter. Es gibt keinerlei Studien, die die Frage klären, wie viel Duschen notwendig ist, sondern lediglich wie viel Duschen Zuviel ist, von daher kann hierzu keine wissenschaftlich belegte Aussage getroffen werden. [Gesundheitsamt-Köln, pers. Kommunikation, 20.12.2018; UKB, pers. Kommunikation, 13.12.2018; UKF, pers. Kommunikation, 07.12.2018, Gesundheitsamt-Wetteraukreis, pers. Kommunikation, 10.12.2018]

Einen direkten Einfluss der Jahreszeiten auf die Hygiene kann nicht festgestellt werden, jedoch sind Punkte wie das Gefrieren von Wasser bei Minustemperaturen und das verstärkte Schwitzen im Sommer zu bedenken. [Gesundheitsamt-Köln, pers. Kommunikation, 20.12.2018; UKB, pers. Kommunikation, 13.12.2018; UKF, pers. Kommunikation, 07.12.2018]

Der Ausbruch einer Seuche ist bei großflächigen und auch länger anhaltenden Wasserausfällen nicht zu befürchten, jedoch kann der Ausfall des Abwassersystems zu einer Häufung von gastrointestinalen Erkrankungen führen. Dies führt wiederum allgemein zu einer erhöhten Anzahl an Patienten im Krankenhaus und einem erhöhten Versorgungsaufwand, da diese Patienten infektiös sind. Diese Häufung zeigt sich beispielsweise bei Hochwasserkatastrophen, wenn Abwasser in die Frischwasserzuläufe gelangt. [Gesundheitsamt-Köln, pers. Kommunikation, 20.12.2018; UKB, pers. Kommunikation, 13.12.2018; UKF, pers. Kommunikation, 07.12.2018]

Betrachtet man die Aufbereitungsmöglichkeiten für Trinkwasser ist es aus Sicht der Krankenhäuser besser, wenn physikalische Aufbereitungsverfahren wie Ultrafiltration oder UV-Behandlung zum Einsatz kommen. Die Verwendung von chemischen Desinfektionsverfahren ist nicht zu bevorzugen, da es im Kontakt zum Patienten ggf. zu Unverträglichkeiten kommt und das Wasser auch für einige Zwecke nicht mehr verwendet werden kann. Beispielsweise die Verwendung in UO-Anlagen ist unter Umständen kritisch oder die Verwendung für Sterilisation, Dialyse und Labore. Ob die UO-Anlagen mit bspw. erhöhtem Chlorgehalt im Wasser umgehen können, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden, jedoch wirkt sich z.B. ein zu hoher Eisengehalt negativ auf UO-Anlagen aus. Im Prinzip eignen sich jedoch alle Verfahren, die nach TrinkwV zugelassen sind. Die notwendigen Anlagen können aber aus Kostengründen nicht dauerhaft an den Krankenhäusern vorgehalten werden und müssen somit von den WVU, den Feuerwehren oder dem THW zur Verfügung gestellt werden. Des Weiteren sind einige Verfahren wie Ultrafiltration und die Umkehrosmose wasser- und energieintensiv oder die UV-Desinfektion nur bei klarem Wasser möglich. Daher sind die technischen, physikalischen und organisatorischen Besonderheiten der Aufbereitungsverfahren

zwingend zu beachten. Risikobereiche im Krankenhaus haben in der Regel endständige Bakterienfilter und benötigen daher nur sauberes, jedoch kein zu stark aufbereitetes Wasser. In welcher Form Wasser aufbereitet wird und wo das Wasser am Ende eingesetzt wird, geeignet oder nicht, hängt jedoch sehr stark vom Ausmaß des Ereignisses ab. Standards werden solange gewahrt, wie es möglich ist, jedoch kann es bei großen Ereignissen dazu kommen, dass man Kompromisse eingehen muss. [Gesundheitsamt-Köln, pers. Kommunikation, 20.12.2018; UKB, pers. Kommunikation, 13.12.2018; UKF, pers. Kommunikation, 07.12.2018]

Größtes Problem bei der Ersatz- bzw. Notwasserversorgung ist die Einleitung von Wasser in die Leitungsnetze, das nicht der TrinkwV entspricht. Dies führt in der Regel dazu, dass im Anschluss an das Ereignis das jeweilige Leitungsnetz gespült werden muss. Können die Vorgaben der TrinkwV nach der Spülung nicht erreicht werden, ist eine Desinfektion des Leitungsnetzes notwendig oder gar ein Austauschen von Leitungen. Ein großes Problem bei der Verwendung von Wasser aus Notbrunnen ist, dass es nicht regelmäßig beprobt wird und somit die Qualität nicht bekannt ist. Die üblichen Laborverfahren zur Bestimmung der biologischen Belastung dauern jedoch zwei Tage. Wird Notwasser aus den Brunnen in das Leitungsnetz eingespeist, weiß man somit erst zwei Tage später, womit das Leitungsnetz gespeist wurde und womit Patienten und Mitarbeiter in Kontakt gekommen sind. Zudem werden in Routineverfahren Viren und Parasiten in der Regel nicht bestimmt und diese können somit unbemerkt im Wasser sein. Zudem beschleunigt eine erhöhte Keimzahl im Wasser auch die Vermehrung von Keimen, sodass sich schneller Probleme entwickeln können. In Abhängigkeit der Größe des Ereignisses werden die Komplikationen, die aus Ersatzmaßnahmen resultieren, jedoch gewichtet und die daraus resultierenden Probleme müssen hingenommen werden. [Gesundheitsamt-Köln, pers. Kommunikation, 20.12.2018; UKB, pers. Kommunikation, 13.12.2018; UKF, pers. Kommunikation, 07.12.2018]

Eine Reduktion der Wasserqualität ist in den meisten Bereichen problemlos möglich. Lediglich die Risikobereiche im Krankenhaus sind auf eine hohe Wasserqualität angewiesen. Speziell das Spülen von Toiletten kann mit Betriebs- oder Grauwasser erfolgen, das Problem ist in der Regel nur, dass es kein getrenntes Leitungsnetz hierfür gibt. In einigen Bereichen, wie bspw. dem Spülen von Geschirr kann die Reinigung von Verschmutzungen mit Wasser niedrigerer Qualität erfolgen, wenn nachfolgend eine Desinfektion stattfindet. [Gesundheitsamt-Köln, pers. Kommunikation, 20.12.2018; UKB, pers. Kommunikation, 13.12.2018; UKF, pers. Kommunikation, 07.12.2018]

Im Regelbetrieb findet in den meisten Krankenhäusern keine zentrale Aufbereitung von Wasser statt, lediglich endständige Filter in Risikobereichen oder eine Aufbereitung für Spezialbereiche (UO-Anlagen etc.) kommen zum Einsatz. [Gesundheitsamt-Köln, pers. Kommunikation 20.12.2018; UKB, pers. Kommunikation, 13.12.2018; UKF, pers. Kommunikation, 07.12.2018]

Zur Einsparung von Wasser im Ereignisfall können Heizungs- und Lüftungsanlagen zwar aus technischer Sicht heruntergefahren werden, jedoch ist das aus hygienischer Sicht nicht in allen

Bereichen möglich. Sobald eine Filterung der Zuluft oder der Abluft erfolgt, können die Anlagen nicht einfach heruntergefahren werden. Hierbei handelt es sich um die Risikobereiche im Krankenhaus Intensivstationen und Stationen mit immunsupprimierte Patienten, OP-Bereiche und Krankenhausapotheken, solange diese in Betrieb sind sowie Labore mit biologischer Sicherheitsstufe. Des Weiteren ist auf Intensivstationen zu beachten, dass die verwendeten medizinischen Geräte eine große Wärmeentwicklung haben und hier eine Lüftung oder Klimatisierung auch aus nicht hygienischer Sicht wichtig ist. [Gesundheitsamt-Köln, pers. Kommunikation, 20.12.2018; UKB, pers. Kommunikation, 13.12.2018; UKF, pers. Kommunikation, 07.12.2018]

Eine Verwendung von Wasser, welches nicht der TrinkwV entspricht, ist in der Regel vom Gesundheitsamt freizugeben, jedoch wird ab einem gewissen Ausmaß einer Katastrophe wohl davon abgesehen werden müssen. Das Gesundheitsamt wird sicher weiter beratend tätig sein, jedoch kann unter Umständen nicht auf die Verwendung von Wasser niedriger Qualität verzichtet werden. [Gesundheitsamt-Köln, pers. Kommunikation, 20.12.2018]

Als weiterer Punkt ist in den Interviews die mangelnde Planung und Vorbereitung in vielen Krankenhäusern kritisiert worden. Selbst kleine Ereignisse können hier schon zu größeren Einschränkungen führen, da es keine Maßnahmenpläne gibt. Sollte ein Krankenhaus bspw. komplett ausfallen und alle Patienten müssten verlegt werden, wäre das ein großer Aufwand und zwangsläufig mit Schädigungen der Patienten verbunden. Ein weiterer Punkt sind Absprachen von verschiedenen WVU, auch für den Fall einer Verkeimung der Leitungen. Wenn in gewissen Versorgungsbereichen mehrere WVU tätig sind, müssen sich diese abstimmen, ihre Maßnahmen und Planungen koordinieren und es müssen Versorgungsprioritäten für Kritische Infrastrukturen bestimmt werden. Im Notfall mit der Planung anzufangen, ist sicher zu spät. [Gesundheitsamt-Köln, pers. Kommunikation, 20.12.2018; Gesundheitsamt-Wetteraukreis, pers. Kommunikation, 10.12.2018]

6.4 Interviews zu Erfahrungen im Bereich Ersatz- und Notwasserversorgung

Der Wetteraukreis in Hessen hat mehrfach unterschiedliche Erfahrungen im Bereich der Ersatz- und Notwasserversorgung sammeln müssen und das Gesundheitsamt hat im Interview viele Erkenntnisse daraus dem Verfasser mitgeteilt.

Ein Ereignis betraf Umbaumaßnahmen in einem Krankenhaus, in dem hierfür für einen halben Tag gar kein Wasser im Leitungsnetz fließen konnte und ein weiterer Bereich für zwei Tage komplett ersatzversorgt werden musste. Das Krankenhaus hat 250 Betten, und der Bereich der länger versorgt werden musste enthält unter anderem die Intensivstation mit 8 Intensivbetten. Hierfür wurden IBC eingesetzt und pro Station ein Container zur Toilettenspülung aufgestellt sowie die Trinkwasserversorgung über Flaschenwasser sichergestellt. Die IBC wurden mit trinkwassergeeigneten Schläuchen befüllt, und bevor das Wasser abgestellt wurde, war alles vorbereitet. Für diese Maßnahme standen 2 Monate Planungszeit zur Verfügung und das notwendige

Personal war zum Zeitpunkt des Abschaltens der Wasserversorgung vollzählig bereit. Des Weiteren lagerte das gesamte notwendige Material für alle Reparaturen vor Ort, es wurden ausreichend Reserven geschaffen und das Personal auf allen Stationen für den betroffenen Zeitraum erhöht. Da es sich um ein planbares Ereignis handelte, konnte der Samstagabend für den Beginn der Maßnahme gewählt werden und die Ersatzversorgung musste in diesem Fall bis Sonntagmorgen aufrechterhalten werden. Es wurde ein Wasserbedarf von 500 L pro Station für den genannten Zeitraum kalkuliert und insgesamt wurden ca. 8.000 L wirklich verbraucht. Die Container wurden Samstagmittag gefüllt um kurze Standzeiten zu erreichen, da das Wasser zum einen nicht stagnieren sollte und die IBC zum anderen die Flucht- und Rettungswege blockierten. Ein Sabotageschutz der Container war nicht erforderlich und wurde daher nicht praktiziert. [Gesundheitsamt-Wetteraukreis, pers. Kommunikation, 10.12.2018]

Probleme, die bei dieser Maßnahme aufgetreten sind, waren vor allem die Deckenlasten. Rechnerisch sind die Decken im Krankenhaus auf 250 kg pro m² ausgelegt und somit können pro IBC auch nur 250 L tatsächlich eingefüllt werden auch wenn der Container 1.000 L fasst. In Absprache mit den zuständigen Behörden wurde entschieden, dass eine Füllung bis 500 L machbar ist, jedoch als Ausnahmefall. Ein weiterer Punkt ist die Verengung von Arbeits-, Flucht- und Rettungswegen durch die Container. Die Einspeisung der Container musste des Weiteren mit trinkwassergeeigneten Armaturen und Schläuchen erfolgen und das gesamte Material, inklusive der IBC, wurde gemietet. [Gesundheitsamt-Wetteraukreis, pers. Kommunikation, 10.12.2018]

Weitere Erkenntnisse dieser Maßnahme sind, dass eine Versorgung in der Nacht sehr viel günstiger ist als tagsüber, da der Wasserverbrauch geringer ist. Des Weiteren ist diese Maßnahme aufgrund der guten Vorbereitung und der großen Vorlaufzeit erfolgreich verlaufen. Ob ein derartiger Erfolg bei einem plötzlichen Ereignis möglich ist, muss hinterfragt werden. Die Maßnahme zeigt aber, dass die gemäß der 1. WasSV vorgehaltenen Wassermengen durchaus ausreichen können um den Wasserbedarf eines Krankenhauses zu decken, und, dass Trinkwasserqualität wirklich nur für das reine Trinken als solches notwendig ist und Körperpflege und Toilettenspülung ohne Probleme mit Wasser geringerer Qualität erfolgen können. Zudem ist die Versorgung einer Intensivstation einfacher, da die Patienten dort nicht duschen gehen und auch Toilettengänge in der Regel auf der Bettpfanne erledigt werden. Eine weitere Erkenntnis ist, dass das ganze Material gemietet wurde und prinzipiell leicht zu beschaffen ist, jedoch ein gewisser zeitlicher Aufwand dahintersteckt und es nicht sofort zur Verfügung steht. Es werden zwar von einigen WVU oder medizinischen Einheiten des Katastrophenschutzes faltbare IBC mit Trinkwassereignung vorgehalten, jedoch ist die Anzahl überschaubar. Eine größere Vorhaltung erfordert trotz der kompakten Bauweise der faltbaren IBC ausreichend Stauraum. Die genannten IBC werden mit einer Kunststofftüte ausgekleidet, welche nach der Benutzung herausgenommen und entsorgt wird. Somit ist die Trinkwassereignung jederzeit, auch

bei längerer Lagerung, gewährleistet. [Gesundheitsamt-Wetteraukreis, pers. Kommunikation, 10.12.2018]

Eine Einspeisung von Trinkwasser in das Leitungsnetz von Krankenhäusern wird kritisch gesehen, da zum einen die Einspeisestellen in der Regel fehlen und andererseits die Tankfahrzeuge das Wasser auch mit dem notwendigen Druck und einem ausreichend hohen Förderstrom einspeisen müssen. Zwar könnten hier Fahrzeuge der Feuerwehren als Kompromisslösung zum Einsatz kommen, jedoch nur wenn die Alternative einer Räumung des Krankenhauses abgewendet werden muss. Eine Räumung sollte als letzte Möglichkeit in Betracht kommen, da es immer Patienten gibt, für die durch eine Verlegung ein Gesundheitsrisiko entsteht. Da jedoch vorwiegend die sanitären Anlagen bei Ausfall der Wasserversorgung ein Problem sind, kann eine Einspeisung von Betriebswasser den Weiterbetrieb ermöglichen und ist daher einer Verlegung vorzuziehen. Früher verwendete Puffertanks in Krankenhäusern sind heute aufgrund der hygienischen Bedenklichkeit vollständig zurückgebaut worden und daher bestehen keine Reserven oder Puffermöglichkeiten im Krankenhausnetz. [Gesundheitsamt-Wetteraukreis, pers. Kommunikation, 10.12.2018]

Neben der reinen Versorgung von Krankenhäusern wurden im Wetteraukreis auch mehrfach ganze Gemeinden bei einem Wasserausfall versorgt. Hierbei erfolgte die Versorgung über lebensmittelgeeignete Tankfahrzeuge aus den umliegenden Gemeinden und eine Einspeisung in die jeweiligen Hochbehälter. Ein großer Hochbehälter kann die Versorgung dabei bis zu 8 Stunden sicherstellen, bis er leer ist. Die notwendigen Tankfahrzeuge hierfür wurden bei einem lokalen Händler gemietet, der sich auf den Handel mit diesen Fahrzeugen spezialisiert hat. Es handelt sich um Fahrzeuge der Milchindustrie, die für die Verwendung mit Trinkwasser nochmals hygienisch aufbereitet wurden. Eine derartige Versorgung kann jedoch nur über einen Hochbehälter als Puffer erfolgen, da sonst keine Einspeisung möglich ist. Bei der Versorgung mit Tankfahrzeugen wurde das Wasser zur Sicherheit leicht gechlort, jedoch in einem Maß, dass es der Endverbraucher nicht bemerkte. Eine Überlandleitung von einem Behälter zu einem anderen ist als Alternative zu Tankfahrzeugen denkbar, aber hygienisch schwieriger zu realisieren. Als Leitungssystem kommen hierfür Schläuche der Feuerwehr in Betracht, im Speziellen Systeme zur Förderung über lange Wegstecken mit großen Durchmessern und speziellen Pumpen. Da diese Leitungen jedoch nicht trinkwassergeeignet sind, muss eine Aufbereitung bzw. eine Desinfektion mit Chlor erfolgen um die Trinkwasserqualität zu erhalten. [Gesundheitsamt-Wetteraukreis, pers. Kommunikation, 10.12.2018]

Bei der Versorgung von Hochbehältern ist auch immer der Grund des Ausfalls zu betrachten. Kommt es bspw. zu einem Stromausfall und die Förderpumpen können die Behälter nicht mehr füllen, ist auch eine Förderung vom Hochbehälter ins Leitungsnetz eingeschränkt. Aufgrund des hohen Anlaufstroms dieser Pumpen sind hierfür Notstromaggregate in der Größe von Überseecontainern erforderlich (Leistung schätzungsweise zwischen 0,5 bis 1 MW). Daher muss bei einer derartigen

Versorgung auch immer die Notstromversorgung der Pumpen, bedacht werden. [Gesundheitsamt-Wetteraukreis, pers. Kommunikation, 10.12.2018]

Ein letztes Beispiel einer Ersatzversorgung ist die Verunreinigung von Trinkwasser durch Chlostridien aufgrund der Verschiebung von Erdschichten und dem Eintrag von belastetem Oberflächenwasser in den Grundwasserbrunnen einer Gemeinde. Hierfür wurde als Übergangslösung eine Aufbereitung des Trinkwassers mit einer Ultrafiltrationsanlage (UF-Anlage) gewählt. Das Ereignis fand 2010/2011 statt und die UF-Anlage konnte vom THW für mehrere Wochen bereitgestellt werden. Zu dieser Zeit war das THW jedoch im Besitz von lediglich 2 UF-Anlagen, eine davon war im Einsatz auf Haiti. Nach mehreren Wochen der Übergangsversorgung durch das THW hat man sich für die Installation einer festen UF-Anlage zur dauerhaften Aufbereitung des Trinkwassers entschieden. [Gesundheitsamt-Wetteraukreis, pers. Kommunikation, 10.12.2018]

7 Vergleich von Literatur und Praxis

Anhand der fünf untergeordneten Fragestellungen gemäß Kapitel 4.1 wird die Fragestellung der vorliegenden Arbeit im folgenden Kapitel bearbeitet und die Leitfrage in Kapitel 0 abschließend beantwortet. Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Literaturrecherche mit den Erkenntnissen der Leitfadeninterviews verknüpft um daraus eine literaturgestützte und praxisnahe Aussage zu generieren. Die untergeordneten Fragestellungen drei und fünf werden hierfür in Kapitel 7.3 zusammengefasst

7.1 Benötigte Wassermengen und –qualitäten im Regelbetrieb

Zu Beginn sind die erforderlichen Wassermengen und –qualitäten, die das Krankenhaus im Regelbetrieb benötigt, zu klären. Hierbei ist auch die Frage nach besonderen Anforderungen einzelner Bereiche sowie etwaige Großverbraucher zu klären.

7.1.1 Wasserverbrauch des gesamten Krankenhauses

Vergleicht man den gesamten Wasserverbrauch aus der Literatur (Kapitel 5.5.1 bis Kapitel 5.5.3) mit den Aussagen der Interviews lassen sich Überschneidungen erkennen. In der Erhebung der EnergieAgentur.NRW für das Bilanzjahr 2008 und den Werten der VDI 3807:2014-11 von 2004 – 2005 wird der Verbrauch von Krankenhäusern in den Kategorien I bis V wie folgt angegeben, wobei die Darstellung der Werte in Form von

Wert (EnergieAgentur.NRW) / Wert (VDI 3807-2) L pro Planbett und Tag erfolgt:

- Kategorie I: 321 / 290 L pro Planbett und Tag
- Kategorie II: 293 / 360 L pro Planbett und Tag
- Kategorie III: 332 / 430 L pro Planbett und Tag
- Kategorie IV: 296 / 370 L pro Planbett und Tag
- Kategorie V: 389 / 714 L pro Planbett und Tag

Ein Durchschnitt aller Werte ergibt 379 L pro Planbett und Tag und weicht damit ca. 10 % vom deutschen Durchschnittswert des internationalen Vergleichs aus Kapitel 5.5.2 ab. Im Vergleich mit den befragten Krankenhäusern zeigten sich die folgenden Wasserverbrauchswerte:

- Kategorie II (UHZ): 265 L pro Planbett und Tag
- Kategorie II (Regelversorger): 318 L pro Planbett und Tag
- Kategorie V (UKF): 1070 L pro Planbett und Tag

Die beiden Krankenhäuser der Kategorie II liegen im Bereich der ermittelten Werte, wobei das UHZ sogar einen geringen Wasserverbrauch aufweist, obwohl eine Sterilisation und eine Küche betrieben werden. Das Krankenhaus der Regelversorgung liegt zwischen den Werten der EnergieAgentur.NRW und des VDI und damit genau richtig, da das Krankenhaus eine Küche, jedoch keine Sterilisation oder Wäscherei betreibt. Das Krankenhaus der Kategorie V überschreitet die

Werte aus der Literatur deutlich, betreibt jedoch eine große eigene Sterilisation, eine große Küche und eine große Wäscherei sowie ein eigenes Dampfkraftwerk. Alle diese Einrichtungen sind Großverbraucher. Des Weiteren bietet das UKF alle Möglichkeiten der Diagnostik und Therapie, hat eine eigene Apotheke mit Produktion und ist als Universitätskrankenhaus an Forschung und Lehre beteiligt. Es ist davon auszugehen, dass ab einer gewissen Größe der Krankenhäuser ein einfacher Vergleich mit ermittelten Mittelwerten nicht mehr zielführend ist, da sich die Krankenhäuser in diesen Größenordnungen sehr stark unterscheiden, und das jedoch keine Berücksichtigung findet. Des Weiteren ist Kategorie V als „Krankenhäuser mit mehr als 1.000 Betten definiert“, das UKF hat ca. 1.600 Betten und zählt zu einem der größten Krankenhäuser Deutschlands. Somit ist die Genauigkeit der Kategorie V etwas fraglich zumal in den Kategorien I bis IV in kleineren Schritten von 250-350 Betten unterteilt wurde.

Eine kleinzelligere Ermittlung des Wasserbedarfs nach einzelnen Bereichen scheint hier sinnvoller und zielführender.

7.1.2 Wasserverbrauch einzelner Prozesse und Bereiche

Wie in Kapitel 7.1.1 festgestellt, ist eine Ermittlung des Wasserbedarfs von unterschiedlichen Bereichen als zielführender einzustufen um den vielen variablen Parametern im Krankenhaus Sorge zu tragen. Leider erfolgt weder in der Literatur noch in der Praxis eine Aufschlüsselung des Wasserbedarfs nach Bereich. Die VDI 3807-2:2014-11 stellt zwar eine grobe Übersicht über den Wasserverbrauch dar, jedoch ist die Tabelle zum einen nur sehr ungenau und zum anderen fehlerbehaftet. Die VDI 3807-2 geht davon aus, dass sich die Hälfte des Wasserbedarfs des Krankenhauses auf das Bettenhaus verteilt und ca. ein Viertel auf die Behandlung.

Am UHZ wird der Wasserverbrauch in verschiedenen Bauabschnitten bestimmt und das lässt somit einige Rückschlüsse auf den Wasserbedarf der Bereiche zu. Der erste Abschnitt umfasst 130 Betten und Funktionsbereiche wie das Herzkatheter und der Wasserverbrauch liegt bei 456 L pro Planbett und Tag, der zweite Abschnitt umfasst vorwiegend Pflege (Normalstationen) und hat einen Wasserverbrauch von 63 L pro Planbett und Tag. Der dritte Abschnitt umfasst Pflege (Normal- und Intensivstationen), den OP-Bereich und die Sterilisation und hat einen Wasserverbrauch von 320 L pro Planbett und Tag. In welchem Bereich die Gebäudetechnik untergebracht ist, ist leider nicht bekannt. Es ist zu erkennen, dass im Pflegebereich ein geringerer Wasserverbrauch gemessen wurde als in den Funktionsbereichen. Somit ist davon auszugehen, dass nicht die Pflege der Patienten den großen Wasserbedarf der Krankenhäuser ausmacht, sondern Behandlung und Diagnostik sowie Spezialbereiche wie Sterilisation. Die Aufschlüsselung der VDI 3807-2:2014-11 zeigt jedoch, dass der Wasserverbrauch im Bettenhaus am höchsten ist. Damit widersprechen sich die Ergebnisse und sollten genauer untersucht werden.

In einer Untersuchung in Jordanien wurde der Wasserbedarf sehr detailliert auf die einzelnen Bereiche heruntergebrochen, jedoch handelt es sich hier um andere klimatische Bedingungen, andere

soziale und kulturelle Rahmenbedingungen und die Studie umfasst lediglich 10 Krankenhäuser, die einen Durchschnittsverbrauch von 916 L pro Planbett und Tag haben. Eine Übertragung dieser Studie ist unter Umständen möglich, sollte jedoch durchaus hinterfragt werden. Da keine weiteren und in Deutschland durchgeführten Studien bekannt sind, und in den Interviews keine Wasserverbrauchswerte für die einzelnen Bereiche erhoben werden konnten, wird eine Übertragbarkeit angenommen. Unter der Annahme, dass die Ergebnisse dieser Studie übertragbar sind, kann die folgende Aufteilung nach Bereichen genutzt werden:

- Toiletten 20 %,
- Wäscherei 16 %,
- Duschen 13 %,
- Lecks 9 %,
- Küche 7,
- Händewaschen 5 %,
- Sterilisation 6 %,
- Dialyse 5 %,
- Gebäudereinigung 2 % und
- Labore 1 %.

7.2 Wasserbedarf im Not- bzw. Minimalbetrieb

Aufgrund der Differenz zwischen verfügbarer Wassermenge im Ereignisfall und dem Wasserbedarf im Regelbetrieb wird ersichtlich, dass große Mengen an Wasser einzusparen wären. Vergleicht man die Hochrechnung von Döhla et al. [2018] mit dem Wasserverbrauch im Regelbedarf, welcher durch die EnergieAgentur.NRW und den VDI bestimmt wurde, so ist zu erkennen, dass die gemäß 1. WasSV vorgehaltenen Wassermengen den Wasserbedarf nur anteilig abdecken. Bei einem Vergleich mit den Werten der EnergieAgentur.NRW ist zu sehen, dass bei einem Krankenhaus der Kategorie IV ca. 48 % und bei einem Krankenhaus der Kategorie V 37 % des Regelbedarfs abgedeckt sind. Ein Vergleich zwischen der Hochrechnung und den Werten der VDI 3807-2:2014-11 zeigt eine Abdeckung von 38 % bei einem Krankenhaus der Kategorie IV und 20 % bei einem Krankenhaus der Kategorie V. Die Differenz zwischen der zur Verfügung stehenden Menge an Wasser im Notfall und dem Bedarf im Regelbetrieb muss durch Einsparungen verringert werden. Bei Krankenhäusern, die keine Wäscherei, keine Küche und keine Sterilisation betreiben, sind die Werte der EnergieAgentur.NRW als Vergleichswert heranzuziehen, da diese die genannten Bereiche explizit nicht betrachten. Besitzt das Krankenhaus die genannten Bereiche, sind die Werte der VDI 3807-2:2014-11 als Vergleichswert heranzuziehen.

Betrachtet man die in Kapitel 7.1.2 näher betrachtete Studie aus Jordanien, ist zu erkennen, dass bei einem minimalen Betrieb von Toiletten, Dialyse und Laboren ist von einem Wasserbedarf von 26 % des Regelbedarfs auszugehen. Bei Weiterbetrieb der Sterilisation sind es 32 %; mit Küche 39 %; und bei Weiterbetrieb der Wäscherei 55 % des Regelbedarfs. Unter der Voraussetzung einer Übertragbarkeit ist ein Weiterbetrieb von Krankenhäusern der Kategorie IV mit den Bedarfsmengen der 1. WasSV durchaus denkbar, bei Krankenhäusern der Kategorie V jedoch fraglich, da die Notversorgung gemäß der 1. WasSV nur ca. 20 % des Regelbedarfs deckt. Da den Krankenhäusern

der Kategorie V bei einem großen Ereignis jedoch eine hohe Priorität in der Versorgung zukommt müssen Konzepte zur Aufrechterhaltung ihres Betriebes erarbeitet werden. Eine Möglichkeit die Versorgungssicherheit im Notfall zu erhöhen sind unter anderem Sparmaßnahmen von Wasser im Regelfall. Weiterführend müssen Bereiche im Notfall abgeschaltet werden und hierfür muss eine individuelle Betrachtung kritischer und entbehrlicher Bereiche erfolgen, da eine Verallgemeinerung aufgrund der Komplexität nicht möglich ist. Nachfolgend sind die kritischen und entbehrlichen Bereiche sowie mögliche Wassersparmaßnahmen beschrieben.

7.2.1 Kritische Bereiche

Die aus der Literatur ermittelten kritischen Bereiche wurden in den Interviews fast alle als solche bestätigt, aber teilweise wurden Einschränkungen durch die Interviewpartner gemacht. Bei den medizinisch kritischen Bereichen ist als Ergebnis festzuhalten, dass die Funktions- und Risikobereiche im Krankenhaus als kritische Bereiche einzustufen sind. Hierbei sind Intensivstationen, Anästhesiologie, OP-Bereich, Stationen mit immunsupprimierten Patienten und Infektionsstationen als wichtigste Bereiche einzustufen. Die Intensivstationen sind stark von den Lüftungsanlagen abhängig, da die Zuluft in der Regel gefiltert wird und die medizinischen Geräte derart viel Wärme entwickeln, dass diese abgeführt werden muss. In den Bereichen Anästhesiologie und OP erfolgt auch eine Filterung der Zuluft, da für einige Operationen Raumluftklassen eingehalten werden müssen. Des Weiteren sind die beiden Bereiche von der Aufbereitung medizintechnischer Geräte abhängig. Die Desinfektionslösungen zur Aufbereitung von Beatmungsgeräten benötigen Wasser und die Sterilisation des OP-Bestecks auch. Im OP-Bereich muss zudem nach Operationen geputzt werden und hierfür ist ebenfalls zwingend Wasser erforderlich. Für Stationen mit immunsupprimierten Patienten hat auch die Zuluftfilterung einen hohen Stellenwert, da die Patienten anfällig für Infektionen sind. Zudem muss das für diese Station bereitgestellte Wasser sehr sauber sein, fast steril. Bei Stationen mit Infektionspatienten besteht die Gefährdung weniger für die Patienten selbst als für die Umwelt, daher wird die Abluft in der Regel gefiltert und ist somit von einer Aufrechterhaltung der Lüftung abhängig. Ein weiterer wichtiger Bereich ist die Dialyse. Hierbei besteht eine hohe Abhängigkeit von Wasser, da die UO-Anlagen das Wasser für die Dialyse aufbereiten müssen. Viele Dialysepatienten sind jedoch recht mobil, vor allem, wenn diese ganz normal zu Hause leben, und somit könnten diese auch in weiter entfernte Dialysezentren gebracht werden. Die Aufrechterhaltung der Dialyse mit angelieferten Dialyseflüssigkeiten ist auch als Möglichkeit in Betracht zu ziehen, jedoch müssen die Dialysegeräte technisch dazu in der Lage sein. Eine ähnliche Abhängigkeit von Wasser besteht bei den Laboren und Klinikapotheken, da diese auch UO-Anlagen zur Wasseraufbereitung benötigen und somit von diesen abhängig sind. Der Kreißsaal und die Ambulanz sind von der Wasserversorgung am unabhängigsten, jedoch wird in diesen Bereichen Wasser zur Reinigung benötigt. Die Notaufnahme ist bei einer Verlegung von Patienten die zentrale Stelle, über die die Verlegung abgewickelt wird. Sollte es zu einer Abriegelung des

Krankenhauses kommen und eine Sichtung notwendig werden, wird diese über die Notaufnahme geschehen. Die Radiologie ist nur von Wasser zur Notkühlung ihrer Großgeräte abhängig. Die Geräte erkennen in der Regel, wenn keine Notkühlung zur Verfügung steht und reduzieren daraufhin ihre Einsatzbereitschaft zum Schutz des Gerätes.

Da alle medizinisch kritischen Bereiche auch von technischen Bereichen abhängig sind, müssen auch einige technische Bereiche als kritisch definiert werden um den Betrieb des Krankenhauses aufrecht zu erhalten. Allen voran sind die sanitären Anlagen des Krankenhauses zu nennen. Patienten wie Mitarbeiter müssen zwangsläufig die Toiletten benutzen und somit muss deren Betrieb aufrechterhalten werden. Es ist davon auszugehen, dass die sanitären Anlagen sehr schnell zu einem Problem führen, da immer jemand die Toiletten benutzen muss, und, sollte die Entsorgung in der Toilette nicht funktionieren, entstehen auch schnell hygienische Probleme. Weitere kritische Bereiche sind die Anlagen zur Wasseraufbereitung, da diese Labore und Apotheken, aber auch die Sterilisation versorgen und diese ohne aufbereitetes Wasser nicht betrieben werden können. Weitere Anlagen die VE-Wasser benötigen, sind Dampfkraftwerke und teilweise Heizungs-, Lüftungs-, und Klimaanlage. Da wichtige medizinische Bereiche von diesen technischen Anlagen abhängig sind, muss der Betrieb diese Anlagen im Notfall aufrechterhalten werden, auch wenn es ein Notbetrieb ist. Weitere kritische technische Bereiche sind die Notkühlung von Großgeräten der Radiologie aus oben genannten Gründen, aber auch der Serveranlagen. Die meisten modernen Krankenhäuser können ohne IT nicht adäquat arbeiten. Die Gebäudereinigung nimmt einen sehr kleinen Teil ein, jedoch muss sie speziell im OP-Bereich, im Kreißsaal und der Ambulanz aufrechterhalten werden. In diesen Bereichen kommt es oft zu groben Verschmutzungen mit Blut und Körperflüssigkeiten und, wenn diese nicht gereinigt werden können, kann der Betrieb nicht aufrechterhalten werden. Die letzten beiden kritischen technischen Bereiche sind Küche und Wäscherei. Diese Bereiche sind sehr wasserintensiv können jedoch in der Regel für einige Stunden oder evtl. einen Tag den Betrieb einstellen. Die Küche kann mit Einmalgeschirr arbeiten und es gibt in der Regel eine gewisse Lagerhaltung an sauberer Wäsche. Bei längerfristigen Ereignissen muss jedoch eine Versorgung dieser Bereiche erfolgen und hierfür sind entsprechende Mengen an Wasser erforderlich. Des Weiteren muss das benötigte Wasser in die Anlagen eingespeist werden können um diese zu betreiben.

7.2.2 Entbehrliche Bereiche und Wassersparmaßnahmen

In Abhängigkeit von der Größe eines Ereignisses sind die im Folgenden aufgeführten Maßnahmen abzuwägen und ihre Umsetzung sollte individuell geprüft werden. Maßnahmen wie der Ersatz von Händewaschen durch Desinfektion wird in fast allen Krankenhäusern im Regelbetrieb ohnehin betrieben und bietet somit keine Möglichkeit zur Wassereinsparung. Die Verwendung von sterilem Einmalmaterial, wasserlosen Produkten zur Körperpflege und abgepackten Dialyseflüssigkeiten setzt Lagerbestände dieser Utensilien voraus und kann somit nur akut eingesetzt werden, wenn das

benötigte Material vor Ort ist. Bei einem längerfristigen Ereignis kann diese Maßnahme jedoch auch angewendet werden, wenn das notwendige Material geliefert werden kann.

Vorneweg kann jedoch mit Sicherheit gesagt werden, dass das zeitweilige Aussetzen der Bewässerung von Grünanlagen immer möglich ist um Wasser einzusparen. Lediglich Baumbestände sollten, zumindest bei sehr hohen Temperaturen, regelmäßig bewässert werden um irreparable Schäden zu vermeiden. Bei einer automatisierten Bewässerung ist zu bedenken, dass dieses System manuell abgeschaltet werden muss.

Des Weiteren erscheint die Reduktion von physiotherapeutischen Maßnahmen als auch elektiven Behandlungen und Operationen eine gute Möglichkeit der Wassereinsparung mit geringem Einfluss auf die essentielle medizinische Versorgung von Patienten. Zudem können Bereiche wie Küche, Wäscherei oder auch Sterilisation ggf. reduziert oder abgeschaltet werden. Im Bereich der Wäscherei kann der Wäschebedarf in der Regel für einen Tag durch Lagerbestände gedeckt werden. Die Küche kann ihren Betrieb durch Einmalgeschirr und den Verzicht auf gekochte Gerichte kurzfristig aufrechterhalten, sie muss jedoch früher oder später wieder weiterbetrieben werden. Die Sterilisation muss im Ereignisfall auch weiterbetrieben werden können. Ein Ausfall kann durch Lagerbestände nur für wenige Stunden kompensiert werden, selbst wenn durch die Verwendung von sterilem Einwegmaterial und die Absage elektiver Operationen der Sterilisationsaufwand reduziert wird. Weiterführend ist über einen Nachtbetrieb der Wäscherei, der Küche und der Sterilisation nachzudenken, da der Wasserbedarf des Krankenhauses als solchem nachts geringer ist. Somit wird zwar kein Wasser gespart, jedoch werden logistische Probleme der Wasserbereitstellung reduziert, da sich der Wasserverbrauch zeitlich besser verteilt.

Eine weitere Möglichkeit der Einsparung von Wasser ist die Abschaltung bzw. Reduktion von technischen Anlagen wie Heizung, Klimaanlage und Lüftung. Je größer und komplexer das Krankenhaus jedoch ist, umso genauer muss diese Maßnahme im Vorhinein geprüft werden, da es unzählige Abhängigkeiten zwischen den bestehenden Systemen gibt. Wie im UKF sollte ein Plan vorgehalten werden, der bei einem Ereignis eine Reihenfolge der Abschaltung vorgibt um die Maßnahme mit der notwendigen Umsicht auszuführen.

Prinzipiell kann bei allen Bereichen, die sich nicht direkt an der Versorgung von Patienten beteiligen und nicht zur technischen Aufrechterhaltung des Betriebs dienen, geprüft werden, ob diese Bereiche im Notfall betrieben werden müssen. Hierzu zählen unter anderem alle Bereiche der Abrechnung, Verwaltung und Administration. Auch wenn diese Bereiche primär ggf. keinen Wasserbedarf haben, benötigen die Mitarbeiter Wasser zur Toilettenbenutzung und diese Gebäudeteile müssen unter Umständen beheizt, klimatisiert oder belüftet werden. Betrachtet man die Hochrechnung von Döhla et al. [2018] so ist zu erkennen, dass die Mitarbeiter einen nicht unbedeutenden Teil des Wasserbedarfs verursachen, da sie sich den ganzen Tag am Krankenhaus aufhalten und somit die planerischen 15 L pro Person und Tag der I. WasSV zu großen Teilen durch das Krankenhaus gestellt

werden müssen. Dementsprechend führt eine Reduktion von bspw. 1.000 Mitarbeitern zu einer rechnerischen Einsparung von 15.000 L Wasser (Hochrechnung).

Bei einem längerfristigen Ausfall der Wasserversorgung können die normalen Toiletten prinzipiell auch durch transportable Toiletten ersetzt werden. Eine ausreichende Reinigung vorausgesetzt ist nicht anzunehmen, dass hierdurch ein hygienisches Problem entsteht. Das größte Problem bei dieser Maßnahme ist die Akzeptanz durch Patienten und Mitarbeiter oder die diesbezügliche Versorgung bettlägeriger Patienten.

Weitere Möglichkeiten zur Reduzierung des Wasserbedarfs ist die Reduzierung der Anzahl an Patienten. Hierzu zählt einmal die Verlegung von Patienten in andere Krankenhäuser und die Entlassung nicht (mehr) kritischer Patienten in die häusliche Betreuung. Hierbei sind jedoch medizinische Kontraindikationen für beide Maßnahmen zu berücksichtigen und eine Gefährdung von Patienten unbedingt zu vermeiden. Auch ein Aufnahmestopp und die Abmeldung von der Notfallversorgung sind denkbar, jedoch muss dies mit der zuständigen Rettungsleitstelle und den verantwortlichen Behörden abgestimmt werden. Als letzte Maßnahme kann das Krankenhaus abgeriegelt und die Patientenaufnahme auf die Notaufnahme begrenzt werden. Hierbei müssen die Patienten dann gesichtet und ihre Behandlungsnotwendigkeit ärztlich abgeschätzt werden. Als Vorgehen empfiehlt sich in diesem Fall die bestehenden Strukturen bei Massenanfall von Verletzten zu nutzen. Diese Maßnahme ist jedoch ultima ratio und sollte nur bei sehr schwerwiegenden Einschränkungen der Wasserversorgung in Erwägung gezogen werden.

7.3 Bewertung von Konzepten zur Sicherstellung der Versorgung von Krankenhäusern

Für die Notversorgung von Krankenhäusern kommen diverse Verfahren in Frage, die sich im Aufwand der Ausführung, dem Bedarf an Personal und Transportkapazitäten sowie der Einhaltung der Trinkwasserqualität unterscheiden. Bei der Notversorgung sollte genau geprüft werden, für welche Prozesse und Anwendungen im Krankenhaus dringend Trinkwasserqualität erforderlich ist und welche Prozesse mit Betriebswasser erfolgen können. Die Verwendung von Betriebswasser senkt nämlich den Bedarf an Trinkwasser und die Bereitstellung kann unter Umständen einfacher sein. Es ist immer zu beachten, dass eine leitungsgebundene Versorgung einer leitungsungebundenen Versorgung vorzuziehen ist und solange wie möglich aufrechterhalten werden sollte, da die Anforderungen der TrinkwV besser eingehalten werden können. Die leitungsgebundene Ersatzversorgung ist jedoch in gewissem Maß zeitkritisch. Abhängig von Alter, Zustand des Leitungsnetzes und Biofilmbildung kann es, bei einem Ausfall der Trinkwasserversorgung, durch Stagnation bereits binnen weniger Stunden (ca. 4-5 h) zu einer Überschreitung der nach TrinkwV erlaubten Keimzahl kommen. Ab 72 h wird technisch von einer Unterbrechung des Betriebs gesprochen und eine Durchspülung der Leitung ist zwingend erforderlich. Daher sollte die

leitungsgebundene Ersatzversorgung zeitnah erfolgen bzw. der Aufwand einer Spülung der Leitungen mit einkalkuliert werden.

Des Weiteren ist bei einer Desinfektion des Wassers zu bedenken, dass sich die Substanzen negativ auf bereits geschwächte Patienten auswirken können und eine Verwendung des Wassers für spezielle Bereiche ggf. unmöglich macht. Wichtig sind hierbei alle Bereiche, die eine besondere Aufbereitung des Wassers benötigen wie Dialyse, Labore und VE-Wasseranlagen für die Sterilisation. Es ist zwingend zu prüfen, ob die Aufbereitungsverfahren des Regelbetriebs mit der zusätzlichen chemischen Belastung des Wassers umgehen können.

Die einfachste Möglichkeit der Ersatzversorgung, wie weiter oben näher aufgeführt, ist die Versorgung durch ein anderes WVU mittels Verbundleitungen [DIN 2001-3:2015-12]. In diesem Fall wird das benötigte Trinkwasser durch ein anderes, nicht betroffenes WVU sichergestellt und erfolgt leitungsgebunden über bestehende Querverbindungen unterschiedlicher Leitungsnetze. Der klare Vorteil dieses Verfahrens liegt erstens in der problemlosen Sicherstellung der Trinkwasserqualität und zweitens der einfachen Einspeisung in die Gebäude über die bestehenden Leitungen. Somit ist die Versorgung aller Bereiche, inklusive aller technischen Anlagen möglich.

Eine alternative Möglichkeit zu bestehenden Verbundnetzen ist eine temporäre Verbindung von zwei Trinkwasserleitungsnetzen und kann im Bedarfsfall mit Mitteln der Feuerwehren in Form von Schlauchleitungen und der zweckentfremdeten Einspeisung über Unterflurhydranten erfolgen. Diese Maßnahme ist jedoch sehr personal- und materialintensiv und, ob in diesem Fall die Trinkwasserqualität eingehalten werden kann, ist fraglich, da Schläuche und Pumpen der Feuerwehren in der Regel nicht trinkwassergeeignet sind. Dadurch wird eine weitere Aufbereitung bzw. eine chemische Desinfektion des Wassers notwendig.

Eine weitere Möglichkeit der Versorgung des Krankenhauses ist die Versorgung mit abgepacktem Wasser in Getränkeflaschen [DIN 2001-3:2015-12; Fischer & Wienand, 2013]. Hierbei ist zu bedenken, dass diese Maßnahme einen erhöhten logistischen Aufwand mit sich bringt und sich vorwiegend zur Sicherstellung des Trinkwasserbedarfs in Form von Wasser zum Trinken eignet. Das so zur Verfügung gestellte Wasser kann zwar auch für das Waschen von Händen und ähnliche Tätigkeiten verwendet werden, eine Einspeisung ins Trinkwassernetz und die damit verbundene Versorgung von Anlagen kann jedoch nicht erfolgen. Diese Maßnahme eignet sich unter gewissen Voraussetzungen jedoch für mehrere Zwecke: Zum einen kann mit der Bereitstellung von hochwertigem Flaschenwasser der Bedarf an wirklichem Trinkwasser in den ersten Stunden eines Wasserausfalls sichergestellt werden, da viele Krankenhäuser ohnehin Flaschenwasser gelagert haben und es alltäglich verwenden. Es ist somit keine zusätzliche Maßnahme, sondern die Nutzung eines Synergieeffektes. Des Weiteren kann die Bereitstellung von Flaschenwasser als ergänzende Maßnahme erfolgen. Vor allem in kleineren Krankenhäusern, die keine Dialyse, keine Labore und keine Risikobereiche (immunsupprimierte Patienten) haben, ist der Trinkwasserbedarf auf das

tatsächliche Trinken von Wasser beschränkt. Somit kann die Ersatz- bzw. Notwasserversorgung mit Betriebswasser über das Leitungsnetz erfolgen, um Toiletten zu betreiben und Körperpflege und Ähnliches zu ermöglichen und das Wasser zum Trinken wird über Flaschenwasser sichergestellt. Damit kann die Bereitstellung von großen Mengen Trinkwasser auf wenige hundert Liter reduziert werden. Bei der Bereitstellung von Flaschenwasser ist jedoch zu bedenken, dass die gesamte Bevölkerung im Ereignisfall auch Flaschenwasser kaufen möchte und die Bestände somit knapp werden. Es sollten daher vorsorglich Absprachen oder Verträge mit Getränkeliieferanten getroffen werden, um die Versorgung, im besten Fall inklusive der notwendigen Logistik, sicherzustellen.

Neben der Anlieferung von Trinkwasserflaschen kann die Versorgung aus transportablen Behältern, wie festen oder faltbaren Großpackmitteln (Intermediate Bulk Container (IBC)), erfolgen. IBC können unter Einhaltung der dafür notwendigen Richtlinien als trinkwassergeeignete Behältnisse zugelassen werden und dementsprechend zur Versorgung mit Trinkwasser dienen. IBC sind als feste Container sowie als faltbare Gebinde verfügbar. Bei einer Versorgung mit IBC sind zwei Möglichkeiten denkbar: Die erste Möglichkeit ist der Transport von gefüllten Gebinden zum jeweiligen Bestimmungsort und die zweite Möglichkeit ist das Aufstellen vor Ort und die anschließende Befüllung. Da die notwendigen IBC jedoch für den Ereignisfall zur Verfügung stehen müssen, ist eine Beschaffung im Vorhinein ratsam. Faltbare IBC mit Einmaleinlagen aus Kunststoff eignen sich hierzu am besten, da sie weniger Platz bei der Lagerung in Anspruch nehmen und die Trinkwassereignung durch die Einmaleinlagen gewährleistet werden kann. Es ist jedoch auch mit einem erhöhten Logistik-, Material- und Personalaufwand zu rechnen. Beim Transport der gefüllten Behälter ist zudem zu bedenken, dass diese entladen und an den Bestimmungsort verbracht werden müssen. Bei voller Füllung ist mit einem Gewicht von ca. 1 Tonne zu rechnen. Des Weiteren sind die Deckenlasten der Gebäude zu beachten. Die statische Auslegung folgt der Annahme von 250 kg pro m², jedoch kann unter Umständen und in Absprache mit den zuständigen Baubehörden temporär eine höhere Last abgestellt werden. Die Trinkwasserqualität kann bei Verwendung von geeigneten Behältnissen auf jeden Fall gewährleistet werden. Ob dies zwingend notwendig ist, muss jedoch geprüft werden. Wenn die IBC zur Versorgung mit Betriebswasser dienen und Trinkwasser in Form von Flaschenwasser bereitgestellt werden kann, ist die Trinkwasserqualität in den IBC nicht zwingend erforderlich bzw. es kann eine Desinfektion mit Chlor erfolgen, die ggf. die Genusstauglichkeit einschränkt. Eine Einspeisung ins Krankenhausleitungsnetz ist jedoch schlecht bis gar nicht realisierbar, folglich eignet sich die Maßnahme nicht zur Versorgung von Anlagen. Ob eine lokale Einspeisung in bspw. kleine UO-Anlagen für die Dialyse möglich ist, kann an dieser Stelle nicht mit Sicherheit geklärt werden, sollte jedoch weiter untersucht werden. Im Vergleich zur Versorgung mit Flaschenwasser ermöglicht die Bereitstellung in den IBC jedoch die Deckung eines größeren Wasserbedarfs und kann aus diesem Blickwinkel als alleinige Maßnahme Vorteile haben

oder ergänzend verwendet werden. Auch die Bereitstellung von Trinkwasser aus den IBC als Ergänzung zu einer anderen Maßnahme der Notversorgung ist denkbar.

Neben der möglichen Anlieferung von Trinkwasser in abgepackten Gebinden besteht die weitere Möglichkeit der Versorgung des Krankenhauses mit Tankfahrzeugen. Diese Möglichkeit der Versorgung wird in vielen Quellen zur Sicherstellung des Wasserbedarfs vorgeschlagen. Zur Erhaltung der Trinkwasserqualität müssen hierfür Fahrzeuge zur Verfügung stehen, die lebensmittelgeeignet sind, wie z.B. Tanklastzüge der Milchindustrie. Sind die Fahrzeuge im Arbeitseinsatz, so ist mit einer Aufarbeitungszeit von bis zu 30 Minuten zu rechnen. Einige Fahrzeuge besitzen zudem eigene, festverbaute Pumpen und können damit eine Einspeisung ins Leitungsnetz leisten. [Bäumer, 2018; Fischer & Wienand, 2013; Welter et al., 2013] Die Versorgung mit Tankfahrzeugen bringt jedoch einige Einschränkungen und Besonderheiten mit sich. Zum einen muss geprüft werden, ob die Pumpen der Fahrzeuge den notwendigen Wasserdruck (i.d.R. 3 – 5 bar) realisieren können und dabei die notwendigen Förderströme liefern. Betrachtet man zum Beispiel die Versorgung eines Krankenhauses mit 1.000 Betten und 4.000 Mitarbeitern, wie das von Döhla et al. [2018] durchgeführt wurde, ist mit einem täglichen Wasserbedarf von 142 m³ zu rechnen. Geht man von Tanklastzügen mit Auflieger bzw. von Zugmaschine und Anhänger aus, können ca. 25-30 m³ pro Fahrt transportiert werden. Da der Hauptverbrauch an Wasser im Krankenhaus zwischen ca. 06:00 und ca. 20:00 erfolgt, ergibt sich ein Zeitfenster von 14 Stunden, in dem die Hauptversorgung geleistet werden muss. Somit werden ca. 5 – 6 Ladungen Wasser in diesen 14 h notwendig, was sich auf ein Fahrzeug pro zwei Stunden herunterrechnen lässt. Es ist davon auszugehen, dass ein Pendelverkehr mit zwei Fahrzeugen realisierbar ist, was den logistischen Aufwand vergleichsweise akzeptabel macht. Es ergeben sich jedoch einige Probleme: Zum einen verfügen die wenigstens Krankenhäuser über eine Einspeisestelle für Wasser in das Trinkwassernetz und ohne diese kann die Maßnahme nicht ausgeführt werden. Eine Einspeisestelle kann in der Regel in einem Arbeitstag geschaffen werden, jedoch beginnen die Probleme bei Ausfall der Wasserversorgung in der Regel sofort oder nach spätestens ein bis zwei Stunden. Somit ist eine vorinstallierte Einspeisemöglichkeit zwingend erforderlich. Zum anderen müssen die Tankfahrzeuge schnell verfügbar sein, d.h. es müssen Verträge bestehen, die die zeitnahe Bereitstellung von Fahrzeugen regeln, und es muss dazu eine Aufbereitungszeit von ca. 30 Minuten plus Anfahrtszeit der Fahrzeuge miteinbezogen werden. Ein weiterer Punkt ist das notwendige Puffervolumen für den Wechsel der Tankfahrzeuge. Der Wechsel wird wahrscheinlich einige Minuten in Anspruch nehmen und in dieser Zeit kann entweder kein Wasser fließen oder es muss ein Pufferbehälter mit einer eigenen Pumpe zwischengeschaltet werden. Bei einer Gesamtbetrachtung der Maßnahme ist diese durchaus praktikabel und kann, mit einer gewissen Vorlaufzeit, vorheriger vertraglicher Regelung, der Fahrzeugbereitstellung und einer bestehenden Einspeisestelle durchaus auch die längerfristige Versorgung des Krankenhauses sicherstellen. Trotz der Einhaltung der TrinkwV durch die Fahrzeuge ist eine Ergänzung der

Maßnahme durch die Bereitstellung von Wasser zum Trinken über einen anderen Weg in Erwägung zu ziehen.

Bei der Versorgung aus IBC und mit Tankfahrzeugen steht immer auch die Möglichkeit der Wasserausgabe im Hof als Möglichkeit zur Verfügung. Hierbei ist jedoch ein hoher Aufwand an Personal nötig um das Wasser auf die Stationen zu bringen und deshalb nicht zu empfehlen. Diese Maßnahme könnte jedoch zum Händewaschen bei Betreten des Gebäudes Anwendung finden, sodass sich alle Mitarbeiter einmal die Hände vor Dienstbeginn waschen können. Aus hygienischer Sicht spricht nichts gegen diese Maßnahme, sie sollte jedoch nicht priorisiert verwendet werden.

Bei der Versorgung mit Tankfahrzeugen ist eine weitere Alternative zur direkten Versorgung des Krankenhauses in Betracht zu ziehen. Sind Hochbehälter in der Nähe des Krankenhauses verfügbar und kann die priorisierte Versorgung des Krankenhauses über das Leitungsnetz realisiert werden, ist die Versorgung des Hochbehälters vorzuziehen. Hierbei kann die Wasserqualität einfacher aufrechterhalten werden, die Verteilung im Krankenhaus erfolgt über die normalen Leitungswege und eine Speisung von Anlagen ist ohne Probleme möglich. Zudem ist der Hochbehälter als Puffer für den Ausgleich zwischen getakteter Lieferung und Dauerverbrauch optimal geeignet. Es gilt lediglich zu beachten, dass die Pumpen der Hochbehälter einen sehr hohen Anlaufstrom benötigen und bei gleichzeitigem Stromausfall die hierfür notwendigen Netzersatzanlagen verfügbar sein müssen.

In den USA oder Israel aber auch in anderen Ländern haben Krankenhäuser teilweise eigene Wasserreservoirs auf dem Gelände. Diese werden in der Regel durch festinstallierte Wassertanks realisiert. [Welter et al., 2013] Hierbei wird dauerhaft eine große Menge an Wasser in diesen Tanks vorgehalten und steht damit jederzeit für eine Einspeisung ins Leitungsnetz des Krankenhauses zur Verfügung. Da die Trinkwasserqualität in den Tanks ggf. nicht erhalten werden kann, sind in der Regel Anlagen zur Wasseraufbereitung zwischen Tank und Leitungsnetz geschaltet. So kann im Bedarfsfall die Trinkwasserqualität gewährleistet werden. In Deutschland waren derartige Tanks früher teilweise als Pufferbehälter im krankenhouseigenen Leitungsnetz vorhanden, sind jedoch aufgrund von Problemen mit der Trinkwasserhygiene fast komplett zurückgebaut worden. Die Installation derartiger Behälter in Verbindung mit einer dauerhaften Trinkwasseraufbereitungsanlage scheint unter finanziellen und technischen Aspekten im Vergleich zum Nutzen mehr als fraglich und ist somit nur lohnenswert bei häufigeren Ausfällen der Trinkwasserversorgung.

Eine weitere Maßnahme zur Wasserversorgung ist die Wasserentnahme aus Oberflächengewässern mit nachgeschalteter Aufbereitung. Hierfür können mobile Wasseraufbereitungsanlagen, bspw. vom THW, zum Einsatz kommen. Abhängig von der Art der Aufbereitung muss das Gewässer gewisse Voraussetzungen erfüllen. Beispielsweise eine Desinfektion mit ultraviolettem Licht (UV-Licht) kann nur in klarem Wasser erfolgen. [DIN 2001-3:2015-12; Bäumer, 2018] Befindet sich das Gewässer in der Nähe des Krankenhauses, ist eine direkte Einspeisung ins Krankenhausnetz denkbar,

jedoch werden hierfür Pufferkapazitäten notwendig, da der Verbrauch nicht immer hundertprozentig mit der Produktion gedeckt werden kann, und es müssen ausreichend dimensionierte Pumpen zur Einspeisung sowie eine Einspeisestelle zur Verfügung stehen. Ist eine Aufbereitung vor Ort nicht möglich, sind Transportkapazitäten zur Beförderung des Wassers notwendig und die Aufbereitung muss mit einem der genannten Verfahren kombiniert werden. Die meisten Aufbereitungsverfahren wie UO-Anlagen oder UF-Anlagen sind zudem energieintensiv, daher muss die Bereitstellung von ausreichend Energie sichergestellt sein. Wenn man den Energiebedarf mit in die Bewertung einfließen lässt, wird erneut eine Abwägung der benötigten Wasserqualität deutlich. Wenn Trinkwasser extra aufbereitet werden muss, sollte gut abgewogen werden, wo Trinkwasserqualität dringend notwendig ist und wo Wasser geringerer Qualität verwendet werden kann.

Eine letzte Maßnahme zur Deckung des Wasserbedarfs ist die Verwendung von Notbrunnen des Bundes. Hierbei ist zu unterscheiden, ob diese direkt am Krankenhaus liegen oder das Wasser transportiert werden muss. Muss das Wasser transportiert werden, sind die bereits erwähnten Einschränkungen und Besonderheiten zu beachten. Liegen die Brunnen jedoch am Krankenhaus selbst und kann direkt in das Leitungsnetz eingespeist werden, ist zu bedenken, dass das notwendige Material zur Einrichtung einer Förderung sowie zur Einspeisung durch die zuständigen Behörden vorgehalten wird und diese für die Inbetriebnahme verantwortlich sind. Da dieses Prozedere jedoch selten geübt wird, ist hier nicht immer von einem hundertprozentigen Erfolg auszugehen. [Bäumer, 2018] Erfolgt die Inbetriebnahme problemlos, müssen die zur Verfügung gestellten Pumpen den notwendigen Druck zur Einspeisung leisten können und es empfiehlt sich auch hier ein Pufferbehälter um Differenzen zwischen Förderung und Bedarf abfangen zu können. Da die Notbrunnen jedoch selten bis nie beprobt werden, ist davon auszugehen, dass die Trinkwasserqualität nicht eingehalten wird. Eine Untersuchung nimmt in der Regel zwei Tage in Anspruch und kommt im Ereignisfall somit zu spät. Damit schließt die Notversorgung aus Brunnen ein Trinken des Wassers auch primär aus und die Versorgung mit Trinkwasser sollte durch geeignetere Quellen erfolgen. Die Notwasserbrunnen können in jedem Fall zur Deckung des Betriebswasserbedarfs herangezogen werden. In den letzten Jahrzehnten sind viele Brunnen an Krankenhäusern jedoch zurückgebaut worden und daher ist die Verfügbarkeit reduziert. Hier muss jedes Krankenhaus prüfen, ob ein derartiger Brunnen vorhanden ist, eine Neueinrichtung ggf. sinnvoll und ob eine Einspeisung ins Leitungsnetz angelegt werden kann.

Um den Aufwand einer Ersatz- bzw. Notversorgung zu reduzieren, ist Wasser im Notbetrieb einzusparen und hierfür sind in Abhängigkeit des Ausmaßes eines Ereignisses alle notwendigen Maßnahmen zu treffen. Bei einem Vergleich mit dem Wasserverbrauch nach Bereichen wird ersichtlich, dass ein Weiterbetrieb, speziell bei Abschaltung möglichst vieler Bereiche, durchaus möglich ist. Neben der reinen Reduzierung des Wasserverbrauchs ist die bessere Verteilung des Bedarfs über den Tag unter Umständen sinnvoll. Sind die bereitgestellten Mengen bspw. pro Stunde

begrenzt, ist es, soweit dies möglich ist, sinnvoll wasserintensive Prozesse wie Spülen in der Küche, Wäsche waschen oder Sterilisation von Instrumenten in die Nacht zu verlegen. So kann das zur Verfügung stehende Wasser tagsüber für Patienten genutzt werden und nachts, wenn der Wasserbedarf der Patienten geringer ist, für diese wasserintensiven Prozesse. Neben der Einsparung von Wasser im Notfall wirken sich Wassersparmaßnahmen im Regelbetrieb selbstverständlich positiv auf den Wasserbedarf im Notfall aus. Hierbei sind Maßnahmen wie die Verwendung von Regenwasser oder die Einführung wasserloser Urinale zu prüfen. Es gilt jedoch zu bedenken, dass zu starke Einsparungen weiterführend zu Problemen im Abwassersystem führen können.

Somit ist bei den Maßnahmen der Ersatz- und Notversorgung neben der Reduzierung der Menge an benötigtem Wasser immer auch eine Reduzierung der benötigten Qualität zu prüfen. Es empfiehlt sich daher mehrere Verfahren zur Ersatz- bzw. Notversorgung zu kombinieren, um Trinkwasser für die notwendigen Bereiche zur Verfügung zu stellen und den restlichen Wasserbedarf mit Betriebswasser abzudecken. Denkbar ist die Kombination einer Versorgung mit IBC und Flaschenwasser [vgl. Gesundheitsamt-Wetteraukreis, pers. Kommunikation, 10.12.2018], um für den Konsum von Wasser eine hohe Qualität zu gewährleisten und die restliche Versorgung mit angepasstem Aufwand zu realisieren. Auf ähnliche Weise kann die Versorgung mit Tankfahrzeugen oder mit Schläuchen der Feuerwehr mit der Versorgung von Getränken aus Flaschen kombiniert werden. Bei der Versorgung über Tankfahrzeuge und Schlauchleitungen kann bei einer Einspeisung zudem die Aufrechterhaltung des Betriebs der technischen Anlagen gewährleistet werden. Sollte Trinkwasser aus Flaschen nicht verfügbar sein, kann das Trinkwasser auch mit mobilen Aufbereitungsanlagen vor Ort hergestellt und mit geeigneten Behältnissen verteilt werden. Hierbei erfolgt dann die Kombination eines Aufbereitungsverfahrens mit einer Ersatzversorgung mit Betriebswasser.

Bei der Einspeisung von Wasser in das Leitungsnetz muss der Aufwand für das Zurückstellen auf Normalbetrieb immer bedacht werden. Nach der Einspeisung von Betriebs- und Notwasser ist mindestens eine Spülung des Leitungsnetzes erforderlich, wenn nicht sogar eine Desinfektion oder ein Tausch von Leitungsteilen. Dieser Sachverhalt sollte auch in der Krankenhauseinsatzplanung berücksichtigt werden um ein vollständiges und umfassendes Krisenmanagement zu gewährleisten.

8 Diskussion der Ergebnisse

Abschließend ist festzuhalten, dass die Ersatz- bzw. Notversorgung von Krankenhäusern sehr stark von den jeweiligen Einrichtungen abhängig ist und daher immer individuell betrachtet werden muss. Die Planung eines derartigen Ereignisses ist deshalb wesentliche Voraussetzung und muss in jeder Krankenhauseinsatzplanung erfolgen. Alles andere wäre fahrlässig.

Grundlegend sollte die Trinkwasserqualität in allen Bereichen solange wie möglich erhalten werden, bei Ereignissen größeren Ausmaßes kann zur ressourcenschonenden Bewältigung hiervon aber abgewichen werden. Wenn Trinkwasserqualität nicht absolut zwingend erforderlich ist, kann davon abgewichen werden, eine Gefährdung von Patienten muss jedoch jederzeit ausgeschlossen sein.

Im Zuge der durchgeführten Literaturrecherche und den geführten Interviews konnten drei der fünf untergeordneten Fragen ausführlich beantwortet werden. Es handelt sich um die untergeordneten Fragen 1, 3 und 5. Frage 4 lässt sich teilweise beantworten und Frage 2 kann nur unzureichend beantwortet werden. Die Leitfrage kann hieraus bis auf wenige Einschränkungen beantwortet werden.

Wie viel Wasser in Krankenhäusern benötigt wird, ist durchaus gut untersucht und im Zuge von finanziellen Einsparungen und Umweltschutz hat dieses Thema einen hohen Stellenwert. Leider wird der Wasserbedarf nur grob an den Übergabepunkten der WVU gemessen und somit sind häufig keine Rückschlüsse auf den Wasserbedarf der einzelnen Bereiche möglich. Da die VDI 3807-2:2014-11 hierzu eine fehlerbehaftete Tabelle liefert und das UHZ im Pflegebereich, entgegen der Tabelle der VDI 3807-2, den geringsten Wasserbedarf hat, können auch hieraus keine verlässlichen Rückschlüsse gezogen werden. Die zitierte Studie aus Jordanien liefert einen detaillierten Überblick über den Wasserverbrauch einzelner Bereiche ist jedoch, ähnlich wie die amerikanischen Quellen, fraglich übertragbar, da der durchschnittliche Wasserverbrauch doppelt so hoch ist wie der von deutschen Krankenhäusern. Somit kann Frage 1 hinreichend beantwortet werden, zu Frage 2 müssen noch detailliertere Untersuchungen aufgestellt werden um verlässliche Aussagen treffen zu können.

Frage 3 kann hinreichend beantwortet werden, allerdings kann keine generelle Empfehlung von Maßnahmen ausgesprochen werden, da sich die Versorgungsbereiche der WVU und die Krankenhäuser stark unterscheiden und somit immer eine individuelle, angepasste Betrachtung erfolgen muss. Die vorliegende Arbeit liefert hierfür eine Auswahl an Maßnahmen sowohl zur Einsparung von Wasser als auch zur Sicherstellung der Wasserversorgung, die bei der individuellen Betrachtung miteinbezogen werden können.

Frage 4 lässt sich teilweise beantworten, indem geklärt wurde, welche Bereiche reduziert bzw. abgeschaltet werden können und welche Bereiche weiterbetrieben werden müssen. Jedoch lässt sich der Wasserbedarf im Minimal- bzw. Notfallbetrieb nur anhand der Literatur abschätzen und mittels einer Hochrechnung vergleichen. Die Beantwortung der Frage 2 schafft die Voraussetzung für die

Beantwortung der Frage 4, denn ohne eine detaillierte Aufteilung des Wasserbedarfs, die in den Interviews nicht herausgearbeitet werden konnte, ist auch das Einsparpotential bei Abschaltung nicht zu ermittelt.

Frage 5 lässt sich beantworten und alle Maßnahmen, die möglich sind, sowie die notwendigen Einschränkungen und die Aufrechterhaltung der Trinkwasserqualität konnten bewertet werden. Alle Maßnahmen sind unter zur Hilfenahme von Erfahrungen, die aus den Interviews gewonnen wurden, möglichst praxisnah beschrieben und können nach einer individuellen Betrachtung der einzelnen Krankenhäuser in die Planung aufgenommen werden.

9 Fazit und Ausblick

Abschließend kann gesagt werden, dass die Aufrechterhaltung der kritischen Versorgungsdienstleistungen in Krankenhäusern bei Ausfall der Trinkwasserversorgung aus technischer Sicht theoretisch möglich ist, jedoch noch viel Nachholbedarf im Bereich der praktischen Umsetzung besteht. Es ist davon auszugehen, dass die Mengen an Notwasser, die gemäß der 1. WasSV vorgehalten werden, ausreichen um einen Notbetrieb aufrecht zu erhalten, aber es sind Einschränkungen nötig. Da jeder einzelne Krankenhausbetrieb seine eigene Komplexität und Struktur hat, muss das Risiko- und Krisenmanagement für jedes Krankenhaus individuell geplant werden. Die Verantwortung für isolierte Ereignisse liegt bei den Krankenhäusern und sie sollten sich dieser Verantwortung bewusst sein. Isolierte Ereignisse sollten von den Krankenhäusern in Kooperation mit anderen Akteuren selbst beherrscht werden können. Bei großflächigen Ereignissen sollte die Kommune die Einsatzplanung übernehmen, und dabei die vielfältigen Wechselwirkungen bei der Aufrechterhaltung des Betriebs auch der anderen Krankenhäuser und weiterer Kritischer Infrastrukturen mitberücksichtigen. Eine Beteiligung aller Akteure an der Planung der Vielzahl von Maßnahmen bei isolierten und großflächigen Ereignissen ist absolut essentiell für ein wirksames Krisenmanagement und alle Akteure sind sich dadurch auch ihrer je eigenen Verantwortung bewusst. Eine Bereitstellung von Leitfäden, Fachinformationen und Handlungsempfehlungen durch Facharbeitsgruppen ist dazu wünschenswert um die Planung auf einer gemeinsamen Basis an Wissen aufbauen zu können.

Die beste Möglichkeit der Ersatz- bzw. Notversorgung liegt in der Kombination mehrerer Maßnahmen zur Ersatzversorgung. Die Ersatzversorgung sollte in die Bereitstellung von Trinkwasser und Betriebswasser unterteilt werden, da nur wenige Bereiche zwingend auf Trinkwasserqualität angewiesen sind. Damit kann der Gesamtaufwand reduziert, ausreichend Trinkwasser zur Verfügung gestellt und die Bereiche mit einem mengenmäßig hohen Bedarf zu großen Teilen mit Betriebswasser versorgt werden. Die Bereitstellung von Trinkwasser sollte hierbei auf Wasser zum Trinken und absolut essentielle Bereiche reduziert werden, da ein großer Aufwand in der Sicherstellung der Trinkwasserqualität besteht. Das Trinkwasser kann als Flaschenwasser oder aus trinkwassergeeigneten IBC und Wasseraufbereitungsanlagen geliefert werden. Die Bereitstellung von Betriebswasser kann mittels der aufgeführten Maßnahmen erfolgen und dieses dann direkt ins Leitungsnetz eingespeist werden, um die Versorgung der bestehenden sanitären Einrichtungen und technischen Anlagen sicherzustellen. Bei diesen Bereichen besteht der Arbeitsaufwand in der Bereitstellung von großen Mengen an Wasser während der Aufwand der Einhaltung der Trinkwasserqualität an dieser Stelle stark reduziert werden kann.

In Zukunft sollte die in der vorliegenden Arbeit begonnene Betrachtung des Wasserbedarfs von einzelnen Bereichen in Krankenhäusern wissenschaftlich weiteruntersucht werden. Eine genaue

Kenntnis des Wasserbedarfs der einzelnen Bereiche ermöglicht die Ermittlung von Einsparpotentialen im Regel- wie im Notbetrieb und kann sich so positiv auf die Wirtschaftlichkeit und die Versorgungssicherheit auswirken. Weiterführend sollten die aufgeführten Maßnahmen zur Ersatz- und Notwasserversorgung bei praktischen Übungen, wie in der DIN EN 15975-1 gefordert, untersucht werden um weitere Erkenntnisse zu gewinnen und allen Akteuren die Möglichkeit zu geben, die Maßnahmen adäquat für den Ernstfall zu trainieren.

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verantwortlichkeiten im Bereich der Wasserversorgung; bearbeitete und ergänzte Darstellung aus [Wienand & Hasch, 2016]	15
Abbildung 2: Vergleich der Wasserverbrauchswerte (Mittelwert) von Krankenhäusern nach VDI 3807-2:2014-11 und EnergieAgentur.NRW	36
Abbildung 3: Vergleich der Mittelwerte und Richtwerte des Wasserverbrauchs von Krankenhäusern nach VDI 3807-2:2014-11 und EnergieAgentur.NRW	38
Abbildung 4: Wasserverbrauch von Krankenhäusern im internationalen Vergleich mit 20 Ländern	41
Abbildung 5: Wasserverbrauch aufgeteilt nach Bereichen, ermittelt in 10 jordanischen Krankenhäusern [Chebaane & Hoffman, o.J.]	44

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Darstellung der KRITIS-Sektoren in den beiden übergeordneten Hauptkategorien [BMI, 2009]	3
Tabelle 2: Ein- und Ausschlusskriterien der gefundenen Quellen	18
Tabelle 3: Fragen der Interviewleitfäden nach Bereichen und zugehörigen Fragestellungen der Masterarbeit sortiert	23
Tabelle 4: Beispielhafte Aufteilung des Wasserverbrauchs eines 400 Betten Krankenhauses [VDI 3807-3:2015-11, S. 34, Tabelle 17]	42
Tabelle 5: Hochrechnung des Wasserbedarfs eines Krankenhauses im Notfall mit den Vorgaben der 1. WasSV [Döhla et al., 2018]	46
Tabelle 6: Vergleich des Wasserbedarfs im Regelbetrieb aus den Erhebungen der der EnergieAgentur.NRW von 2008 und der VDI 3807-2:2014-11 mit der Hochrechnung von [Döhla et al., 2018]	47
Tabelle 7: Die in den Abbildung 2 bis Abbildung 4 verwendete Zahlenwerte und Quellen alphabetisch sortiert	J

12 Literaturverzeichnis

- Albrecht (Hrsg.), D. Michael, Töpfer (Hrsg.), Armin, Mager, Gabrielle, & Jatzwauk, Lutz. (2017). *Handbuch Changemanagement im Krankenhaus*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Altin, Ahmet, Altin, Sureyya, & Degirmenci, Mustafa. (2003). Characteristics and Treatability of Hospital (Medical) Wastewaters. *Fresenius Environmental Bulletin*, 12 (No. 9), 1098-1108.
- AWWA&CDC, American Water Works Association and Centers for Disease Control and Prevention. (2014). *Emergency Water Supply Planning Guide for Hospitals and Health Care Facilities*. American Water Works Association [AWWA] and Centers for Disease Control and Prevention [CDC].
- Balwani, Khiyati S., & Nagarnaik, P. B. (2017). Water and Waste Water Management of a Hospital - A Review. *International Journal of Science and Research*, 6 (4), 1414-1417.
- Bäumer, Jan. (2018). *Bedarfsermittlung und Konzeption eines Krisenmanagementplanes für die Ersatztrinkwasserversorgung des Krankenhauses Merheim (Köln)*. (Master Masterthesis), Technische Hochschule Köln, Köln.
- BBK, Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. (2008). *Schutz Kritischer Infrastruktur: Risikomanagement im Krankenhaus, Leitfaden zur Identifikation und Reduzierung von Ausfallrisiken in Kritischen Infrastrukturen des Gesundheitswesens*. Bonn: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe [BBK].
- BBK, Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. (2011). *BBK-Glossar, Ausgewählte zentrale Begriffe des Bevölkerungsschutzes* (Band 8). Bonn: Referat II.1, Grundsatzangelegenheiten des Bevölkerungsschutzes, Risikomanagement, Notfallvorsorge.
- Beck, Ernst Gerhard, & Schmidt, Pavel. (1986). *Hygiene in Krankenhaus und Praxis*: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Bischof, Wolfgang. (1998). *Abwassertechnik* (11. Auflage). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- BMI, Bundesministerium des Innern. (2005). *Schutz Kritischer Infrastrukturen – Basisschutzkonzept, Empfehlungen für Unternehmen*. Berlin: Bundesministerium des Innern [BMI].
- BMI, Bundesministerium des Innern. (2009). *Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie)*. Berlin: Bundesministerium des Innern [BMI].
- BMI, Bundesministerium des Innern. (2011). *Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko- und Krisenmanagement, Leitfaden für Unternehmen und Behörden*. Berlin: Bundesministerium des Innern [BMI].
- BMI, Bundesministerium des Innern. (2016). *Konzeption Zivile Verteidigung (KZV)*. Bundesministerium des Innern [BMI].

- Bossemeyer, Thomas. (2009). *EG-Umwelt-Audit Verordnung Aktualisierte Umwelterklärung Klinikum Oldenburg gGmbH*. Oldenburg.
- Braun, Anette, Rijkers-Defrasne, Sylvie, & Seitz, Heike. (2015). Kurzanalyse Nr. 11: Ressourceneffiziente Wasserkonzepte für Krankenhäuser. *VDI ZRE Publikationen*.
- Carus Green Universitätsklinikum Dresden. (2016/17). *Umweltbericht für die Bereichsjahre 2016-2017*. Dresden.
- Chebaane, Mohamed, & Hoffman, Bill. (o.J.). *Hospital water use efficiency guide*. Jordanien.
- CRF, French Red Cross. (2006). *A Source of Design Reference Standards, Handbook to Build an Hospital*. Malediven: French Red Cross [CRF].
- CTC-CIT, Clean Technology Centre at Cork Institute of Technology. (2017). *Water Efficiency A best practice guide for Irish Healthcare Facilities*. Cork, GB: Clean Technology Centre at Cork Institute of Technology [CTC-CIT].
- Daschner, Franz (Hrsg.). (o.J.). *Gesundes Krankenhaus, Der Beitrag des Technischen Dienstes*. In: Freiburg: Universitätsklinikum Freiburg Institut für Umweltmedizin und Krankenhaushygiene.
- Daschner, Franz (Hrsg.), Dettenkofer, Markus (Hrsg.), Frank, Uwe (Hrsg.), & Scherrer, Martin (Hrsg.). (2006). *Praktische Krankenhaushygiene und Umweltschutz* (3. Auflage). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Daxbeck, Hans, Lixia, Roberta, Neef, Diederik de, Neumayer, Stefan, Obernosterer, Richard, Gassner, Andreas, . . . Horváth, Balázs. (2012). *Länderübergreifende Informationsdrehscheibe: Energie- und Ressourceneffizienz im Gesundheitswesen (Projekt HEALTH) AP4 - ENERGIE 2 Aufgliederung des Energie- und Wasserverbrauchs von Krankenhäusern Zusammenfassung*. Wien, AT.
- DIN 2001-3:2015-12, Trinkwasserversorgung aus Kleinanlagen und nicht ortsfesten Anlagen – Teil 3: Nicht ortsfeste Anlagen zur Ersatz- und Notwasserversorgung – Leitsätze für Anforderungen an das abgegebene Wasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Anlagen, (2015).
- DIN EN 15975-1:2016-03, Sicherheit der Trinkwasserversorgung – Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement – Teil 1: Krisenmanagement; Deutsche Fassung EN 15975-1:2011+A1:2015, (2016a).
- DIN EN 15975-2:2013-12, Sicherheit der Trinkwasserversorgung – Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement – Teil 1: Risikomanagement; Deutsche Fassung EN 15975-2:2013, (2016b).
- Döhla, M., Diegmann, C., Schmithausen, R.M., & Exner, Martin. (2018). *Hospital Emergency Water Supply A hygienic-medical perspective*. Paper presented at the 16th Medical Biodefence Conference, Munich.
- DRK-KHS, DRK Gemeinnützige Krankenhaus GmbH Sachsen. (2016). *Konsolidierte Umwelterklärung 2016 Standorte Chemnitz und Lichtenstein*. Chemnitz, Lichtenstein, DE.

- DVGW W 410:2008-12 Technische Regel - Arbeitsblatt W 410; Wasserbedarf - Kennwerte und Einflussgrößen, (2008).
- DVGW W 1020 (A):2018-03 Empfehlungen und Hinweise für den Fall von Abweichungen von den Anforderungen der Trinkwasserverordnung; Maßnahmenplan und Handlungsplan, (2018).
- EnergieAgentur.NRW. (2010). *Effiziente Energienutzung in Krankenhäusern, Nützliche Informationen und Praxisbeispiele*. Wuppertal: EnergieAgentur.NRW.
- EPOS Health Management. (2015). *Green Hospitals Concept Manual for Improving Infrastructure Section 3, Best Practice: Water Supply and Wastewater for Health Facilities*.
- Färber, Robert. (2017). *Umweltschutz im Krankenhaus - Kostentreiber oder Kostensenker?* Paper presented at the Alles im grünen Bereich – Technik macht Gesundheitsökologie, Essen.
- Fischer, Peter, & Wienand, Ina. (2013). *Trinkwassernotbrunnen - Wasserversorgung in Extremsituationen*. Bonn: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe [BBK].
- Fischer, Peter, Wienand, Ina, Heller, Rebekka, & Lauten, Markus. (2016). Trinkwasser-Vorsorgemaßnahmen zur Erhöhung der Versorgungssicherheit. *Bevölkerungsschutz*, 2016 (1), 18-23.
- Fritsch, Peter, Knaus, Werner, Merkl, Gerhard, Preininger, Erwin, Rautenberg, Joachim, Weiß, Matthias, & Wricke, Burkhard. (2011). *Mutschmann/Stimmelmayer Taschenbuch der Wasserversorgung* (15. Auflage). Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- Garcia-Sanz-Calcedo, Justo, Lopez-Rodriguez, Fernando, Yusaf, Talal, & Al-Kassir, Awf. (2017). Analysis of the Average Annual Consumption of Water in the Hospitals of Extremadura (Spain). *Energies*, 10 (4). doi:10.3390/en10040479
- GB-DETR, GB Department of Environment Transport and the Regions' Energy Efficiency. (1999). *Energy Consumption Guide 72, Energy consumption in hospitals*. Großbritannien.
- GB-DHSC, GB Department of Health and Social Care. (2016). *Health Technical Memorandum 04-01: Safe water in healthcare premises, Part A: Design, installation and commissioning*. London, UK: Department of Health and Social Care [GB-DHSC].
- Giovinazzi, Sonia, Brown, Charlotte, Seville, Erica, Stevenson, Joanne R., Hatton, Tracy, & Vargo, John J. (2016). Criticality of infrastructures for organisations. *International Journal of Critical Infrastructures*, 12 (4). doi:10.1504/ijcis.2016.081303
- Gonzalez, A. G., Garcia-Sanz-Calcedo, J., Salgado, D. R., & Mena, A. (2016). A Quantitative Analysis of Cold Water for Human Consumption in Hospitals in Spain. *J Healthc Eng*, 2016. doi:10.1155/2016/6534823
- González, Alfonso, García-Sanz-Calcedo, Justo, & Salgado, David. (2018). Quantitative Determination of Potable Cold Water Consumption in German Hospitals. *Sustainability*, 10 (4). doi:10.3390/su10040932
- Jakobsen, Anne Marie, & Nielsen, Ulf. (2016). *Water effivient hospitals*. Kopenhagen, DK.

- Karger, Rosemarie, & Hoffmann, Frank. (2013). *Wasserversorgung* (14. Auflage). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Karger, Rosemarie, Hoffmann, Frank, & Cord-Landwehr, Klaus. (2008). *Wasserversorgung* (13. Auflage). Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- KDHE, Kansas Department of Health and Environment. (2013). *Emergency Response Planning Guidance for Kansas Public Water Supply Systems*. Topeka, KS, USA: Kansas Department of Health and Environment [KDHE].
- Kelly, Allan. (2012). Water consumption cut and money saved. *Health Estate Journal*, 26-27.
- Klein, Kelly R., Rosenthal, Marc S., & Klausner, Howard A. (2012). Blackout 2003: Preparedness and Lessons Learned from the Perspectives of Four Hospitals. *Prehospital and Disaster Medicine*, 20 (05), 343-349. doi:10.1017/s1049023x00002818
- Klinikum Landsberg am Lech. (2016). *Umwelterklärung 2016 Klinikum Landsberg am Lech*. Landsberg am Lech.
- Kovalova, L., Siegrist, H., von Gunten, U., Eugster, J., Hagenbuch, M., Wittmer, A., . . . Mc Ardell, C. S. (2013). Elimination of micropollutants during post-treatment of hospital wastewater with powdered activated carbon, ozone, and UV. *Environmental Science & Technology*, 47 (14), 7899-7908. doi:10.1021/es400708w
- Krimmling, Jörg. (2008). *Facility Management, Strukturen und methodische Instrumente* (2. Auflage). Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- LKH-Graz, LKH-Univ. Klinikum Graz. (2017). *Kennzahlen 2017 LKH-Univ. Klinikum Graz*. Graz, AT.
- Mauer, Christian. (2011). *Technische und ökonomische Aspekte der separaten Erfassung und Behandlung von Krankenhausabwasser*. (Dissertation), Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule [RWTH], Aachen.
- Mays, Larry W. (2001). *Water Resources Engineering* (1.). New York, US: John Wiley & Sons, Inc.
- Michel, Bernhard, Michel, Florian, Rüttrich, Wulf, Kluge, Thomas, Deffner, Jutta, Götz, Konrad, & Liehr, Stefan. (2007). *Wasserbedarfsprognose 2030 für das Versorgungsgebiet der Hamburger Wasserwerke GmbH (HWW)*. Darmstadt.
- Mutschmann, Johann, & Stimmelmayer, Fritz. (2007). *Taschenbuch der Wasserversorgung* (Werner Knaus, Karl Heinz Köhler, Gerhard Merkl, Erwin Preininger, Joachim Rautenberg, Reinhard Weigelt, & Matthias Weiß (Hrsg.) 14. Auflage). Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- o.V. (2018a). Intermediate Bulk Container. Abgerufen am 15.01.2019 von https://de.wikipedia.org/wiki/Intermediate_Bulk_Container
- o.V. (2018b). Katastrophenfall. Abgerufen am 25.01.2019 von https://de.wikipedia.org/wiki/Katastrophenfall#In_Deutschland

- Rautenberg, Joachim, Fritsch, Peter, Hoch, Winfried, Merkl, Gerhard, Otillinger, Franz, Weiß, Matthias, & Wricke, Burkhard. (2014). *Mutschmann/Stimmelmayer Taschenbuch der Wasserversorgung* (16. Auflage). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Revisor of Statutes State of Minnesota (Hrsg.). (2012). *Total Daily Water Requirements*. (4715.3600). Saint Paul, MN, USA: The Office of the Revisor of Statutes, State of Minnesota.
- Seneviratne, Mohan. (2007). *A Practical Approach to Water Conservation for Commercial and Industrial Facilities*. Oxford, UK: Elsevier Ltd.
- SozM-BW, Ministerium für Soziales und Integration Baden-Württemberg. (2019). Verzeichnis der Krankenhäuser zum Krankenhausplan 2010. In. Stuttgart: Ministerium für Soziales und Integration Baden-Württemberg.
- Stadt Frankfurt am Main. (2010). Seminarprogramm für die Energiebeauftragten der Stadt Frankfurt am Main: Kapitel 4: Senkung der Wasserkosten in öffentlichen Gebäuden.
- Suginaka, H., Okamoto, K., Hirano, Y., Fukumoto, Y., Morikawa, M., Oode, Y., . . . Tanaka, H. (2014). Hospital disaster response using business impact analysis. *Prehosp Disaster Med*, 29 (6), 561-568. doi:10.1017/S1049023X14001022
- UKB, Universitätsklinikum Bonn. (2019). Vorstellung des Universitätsklinikum Bonn. Abgerufen am 08.01.2019 von <http://ukb.uni-bonn.de/42256BC8002AF3E7/direct/vorstellung-des-universitaetsklinikums-bonn>
- US-EIA, U.S. Energy Information Administration. (2012). *2007 Commercial Buildings Energy Consumption Survey: Consumption and Expenditures Tables*. U.S. Energy Information Administration [US-EIA].
- US-EPA, United States Environmental Protection Agency. (2012). Data Trends, Water Use Tracking. In United States Environmental Protection Agency [US-EPA] (Hrsg.). USA: United States Environmental Protection Agency [US-EPA].
- VAMED-KMB, Krankenhausmanagement und Betriebsführungsgesellschaft mbH. (2010). *Wiener Allgemeines Krankenhaus, Energiebereich 2010*. Wien.
- van Zyl, HJ., van Zyl, JE., Geustyn, L., Ilemobade, A., & Buckle, JS. (2007). *Water Consumption Levels in selected South African Cities, Report to the Water Research Commission*.
- VDI 3807 Blatt 2:2014-11, Richtlinie: Verbrauchskennwerte für Gebäude, Verbrauchskennwerte für Heizenergie, Strom und Wasser, VDI 3807 Blatt 2:2014-11 C.F.R. (2014).
- VDI 3807 Blatt 3:2015-11, Richtlinie: Verbrauchskennwerte für Gebäude, Teilkennwerte Wasser, VDI 3807 Blatt 3:2015-11 C.F.R. (2015).
- Welter, G., Socher, M., Needham, P., Bieber, S., & Bonnaffon, H. (2013). Cross-sector emergency planning for water supply utilities and healthcare facilities. *J Healthc Risk Manag*, 32 (4), 5-14. doi:10.1002/jhrm.21105

- Wettlaufer, Ingrid, Schimmelpfeng, Lutz, & Pfaff-Schley, Herbert (Hrsg.). (1999). *KrankenhausManagement für Qualität und Umwelt: Umsetzung von Normen, Modell und Verordnung in der Praxis*. Taunusstein: Eberhardt Blottner Verlag.
- Wienand, Ina, & Hasch, Marcus. (2016). Sicherheit der Trinkwasserversorgung Teil 1: Risikoanalyse. *Praxis im Bevölkerungsschutz* (Band 15).
- Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestags (Hrsg.). (2015). Ausarbeitung WD 3-3000-089/15: Grundgesetzlicher Anspruch auf gesundheitliche Versorgung. In. Berlin: Wissenschaftliche Dienste 3: Verfassung und Verwaltung, Deutscher Bundestag.
- WKK, Westküstenkliniken. (2017). Jahresenergiebericht 2016 für die Standorte Brunsbüttel und Heide. In Projektteam Energiemanagement Westküstenkliniken[WKK] Brunsbüttel und Heide gGmbH (Hrsg.), (pp. 18; 22). Heide: Projektteam Energiemanagement Westküstenkliniken[WKK] Brunsbüttel und Heide gGmbH.

13 Rechtsnormenverzeichnis

GG, Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 100- 1, veröffentlichten bereinigten Fassung, das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 13. Juli 2017 (BGBl. I S. 2347) geändert worden ist.

IfSG, Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen - Infektionsschutzgesetz vom 20. Juli 2000 (BGBl. I S. 1045), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 17. Juli 2017 (BGBl. I S. 2615) geändert worden ist.

TrinkwV, Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch - Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 2016 (BGBl. I S. 459), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 3. Januar 2018 (BGBl. I S. 99) geändert worden ist.

WasSiG Gesetz über die Sicherstellung von Leistungen auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft für Zwecke der Verteidigung - Wassersicherstellungsgesetz vom 24. August 1965 (BGBl. I S. 1225, 1817), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 20 des Gesetzes vom 12. August 2005 (BGBl. I S. 2354) geändert worden ist.

1. WasSV, Erste Wassersicherstellungsverordnung vom 31. März 1970 (BGBl. I S. 357)

2. WasSV, Zweite Wassersicherstellungsverordnung vom 11. September 1973 (BGBl. I S. 1313), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 25. April 1978 (BGBl. I S. 583) geändert worden ist.

WHG, Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts - Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. Juli 2017 (BGBl. I S. 2771) geändert worden ist.

ZSKG, Gesetz über den Zivilschutz und die Katastrophenhilfe des Bundes - Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz vom 25. März 1997 (BGBl. I S. 726), das zuletzt durch Artikel 2 Nummer 1 des Gesetzes vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2350) geändert worden

Anhang

Anhang I: Interviewleitfäden

Anhang I.I: Interviewleitfaden „Technik Wasserversorgung“

Interviewleitfaden Technik Wasserversorgung

Thema: Die Aufrechterhaltung von kritischen Versorgungsdienstleistungen bei Ausfall der kritischen Infrastruktur Trinkwasserversorgung am Beispiel der medizinischen Versorgung in Krankenhäusern

Woher kommt das (Trink-)Wasser des Krankenhauses im Regelfall?

- öffentliches Trinkwassernetz
- eigener Brunnen
- Regenwasser
- Eigene Aufbereitung
- Recycling oder Wiederverwertung
- Sonstige

Wie viele Zuleitungen zum Krankenhaus gibt es?

- Gehen diese von der selben Hauptleitung ab?
- Könnte das Krankenhaus über jede Leitung vollständig versorgt werden?
- erfolgt die Versorgung des Krankenhauses Abschnittsweise/ Gebäudeweise?

Können Teile des internen Wassernetzes komplett abgetrennt werden?

Wie hoch ist der Wasserverbrauch des Krankenhauses und in welcher Qualität wird Wasser benötigt?

- Wie kleinzellig kann dieser bestimmt werden? Trinkwasser/Brauchwasser?
- Bereiche: Intensivstationen, OP's, Kreissäle, Labore, Radiologie, Infektionsstationen, Immunsupprimierten Stationen, Wäscherei, Küche, Anlagen
- Wie viele Planbetten gibt es in den jeweiligen Bereichen
- Welche Wasserqualität bzw. Sauberkeit muss für die Versorgung von Anlagen etc. vorliegen
- Erfolgt in speziellen Bereichen eine zusätzliche Aufreinigung/ Bearbeitung des Wassers?

Welche technischen Anlagen und Bereiche sind besonders wasserintensiv?

- Klimaanlage, Kühltürme Server
- Küche
- Wäscherei
- Sterilgutaufbereitung
- Umkehrosmose
- Sonstige

Gibt es im Regelbetrieb Wassersparmaßnahmen?

- Wasserlose Urinale
- Spararmaturen
- Rückführung von Destillaten
- Rückführung von Umkehrosmose
- Recycling von Wasser

- Wassersparplan

Wie wird eine Alternativ-/ Notfallversorgung durch das Krankenhaus sichergestellt und welche Mengen stellen diese zur Verfügung?

Gibt es Einspeisungsmöglichkeiten ins Kliniknetz?

- Gesamter Komplex, Pro Gebäude, Pro Anlage/Bereich

Wie wird die Versorgungspriorität im Notfall festgelegt?

- Was ist essentiell und muss im Notfall auf jeden Fall weiterversorgt werden?
- Welche Bereiche sind komplett entbehrlich?
- Was ist unter Einbußen entbehrlich?

Wie kann der Wasserverbrauch von technischen Anlagen im Notfall reduziert werden?

- Welche Anlagen können heruntergefahren werden?
- Welche Anlagen können ersatzlos abgeschaltet werden?
- Können einzelne Bereiche selektiv abgeschaltet werden? (Kurzfristige Abschaltung zur Intervallversorgung)
- Sonstige Bereiche, die Einsparungen ermöglichen
- Anlagen: Server, Heizung, Klima, Kühlung, etc.

In welchen Bereichen gibt es Unterschiede in der Jahreszeit/Tageszeit in Bezug auf Möglichkeiten der Einsparung bzw. Einsparpotentiale?

Wie weit kann die Durchflussmengen bei einer reduzierten Einspeisung/Abgabe im Leitungsnetz reduziert werden?

- Mindestdruck und Mindestdurchfluss

Sind andere kritische (Notfall-)Systeme von der Wasserversorgung abhängig und welche Wasserqualität ist hierfür erforderlich?

- Kühlung von Servern
- Notstromaggregate

Wie wird der Brandschutz im Fall eines Ausfalls der Trinkwasserversorgung sichergestellt?

- Sprinklertanks
- Löschwasserbevorratung

Wie sieht die Umstellung von Notfallbetrieb zurück auf Regelbetrieb aus?

- Wasseruntersuchungen
- Können Maßnahmen zur Notversorgung zu Problemen beim zurückstellen führen
- Einspeisung von „Nicht Trinkwasser“
- Ablagerungen von nicht aufgereinigtem Wasser

Interviewleitfaden Notfallplanung

Thema: Die Aufrechterhaltung von kritischen Versorgungsdienstleistungen bei Ausfall der kritischen Infrastruktur Trinkwasserversorgung am Beispiel der medizinischen Versorgung in Krankenhäusern

Wie sieht die Notfallplanung in Ihrem Krankenhaus aus?

- Welche Szenarien werden betrachtet? Intern/Extern
- Wird zwischen Tag/Nacht unterschieden?
- Unterscheidung zwischen Sommer/Winter?
- Unterscheidung zwischen Isoliertem Ereignis/ großflächigem Ereignis?

Wie ist das Vorgehen beim Ausfall Kritischer Infrastrukturen?

- Allgemein
- Ausfall der Wasserversorgung
- Was ist vorbereitet?

Welche Bereiche sehen Sie als besonders kritisch und müssen aus medizinischer bzw. technischer Sicht unbedingt aufrechterhalten werden?

- Gibt es hier Unterschiede bei einem Ausfall von 6h, 12h 24h, 48h, 72h oder >72h?

Wie sieht das Versorgungskonzept bei Ausfall der Trinkwasserversorgung seitens des Krankenhauses aus?

- Vorhaltung von Wasser zur Überbrückung (Kurzfristig)? Menge & Form
- Alternative Wasserquellen?
- Gibt es Sparmaßnahmen für Wasser/ alternative Maßnahmen?
- Weiterführende Versorgung (langfristig)?
- Versorgung von Spezialbereichen (OP, Intensiv, Kreissaal, Dialyse)

In welcher Form sind Behörden und Ämter in die Trinkwassernotversorgung des Krankenhauses eingebunden?

Interviewleitfaden Trinkwasserhygiene

Thema: Die Aufrechterhaltung von kritischen Versorgungsdienstleistungen bei Ausfall der kritischen Infrastruktur Trinkwasserversorgung am Beispiel der medizinischen Versorgung in Krankenhäusern

Was glauben Sie ist, aus hygienischer Sicht das größte Problem bei einem Ausfall der öffentlichen Trinkwasserversorgung im Krankenhaus?

Wie lange kann das Krankenhaus komplett ohne Wasser auskommen?

In welchen Bereichen wird der Ausfall der Wasserversorgung als Erstes zum Problem?

Wie lange darf das Wasser in den Leitungen stehen, bevor ein hygienisches Problem in den Leitungen entsteht? (Vermehrung von Keimen, etc.)

Ist eine leitungsungebundene Versorgung möglich und welche Einschränkungen sind aus hygienischer Sicht notwendig? (Wasserausgabe im Hof)

Welche Maßnahmen zur Einsparung von Wasser sind hygienisch vertretbar?

- Kein fließendes Wasser auf Normalstationen
- Ersatz von Händewaschen durch Desinfektion
 - Normalstationen
 - Intensivstationen
 - OP's
 - Kreissaal
 - Infektionsstationen
 - Immunsupprimierte Patienten
 - Sonstige
- Händewaschen außerhalb des Krankenhauses (Ausgabestelle im Garten)
- Verwendung von transportablen Toiletten
- Verwendung von Flaschenwasser zum Hände waschen
- Handwaschwasser aus Kanistern
- Sonstige

Kann die Körperpflege von Patienten reduziert werden auf jeden 2ten/3ten/4ten/5ten Tag bzw. eine wasserlose Körperpflege erfolgen?

Gibt es Unterschiede zwischen Sommer und Winter?

Kann bei einem großflächigen Ausfall der Wasserversorgung die allgemeine Hygiene in der Stadt zu einem hygienischen Problem für Krankenhaus werden?

Gibt es Einschränkungen bei der Art der Aufbereitung des Wassers zur Verwendung in Spezialbereichen wie Intensivstationen, OP's, Kreißsälen oder zur Dialyse? Gibt es sonstige Bereiche, auf die bei der Aufbereitung Rücksicht genommen werden muss?

Welche Aufbereitungsarten eignen sich für die Wasserversorgung von Krankenhäusern?

- UV Desinfektion
- Desinfektion mit Chemikalien (bspw. Chlor)
- Umkehrosmose
- Filterung

- sonstige

Gibt es Maßnahmen, die im Nachhinein zu großen Komplikationen führen?

Kann für gewisse Verwendungszwecke die Wasserqualität reduziert werden?

Erfolgt im Regelbetrieb in gewissen Bereichen eine Aufbereitung des Wassers durch bspw. Filterung?

Können Klima-/Heiz- und Belüftungsanlagen abgeschaltet bzw. reduziert werden? In welchen Bereichen ist eine Aufrechterhaltung sinnvoll bzw. notwendig?

Interviewleitfaden Gesundheitsamt

Thema: Die Aufrechterhaltung von kritischen Versorgungsdienstleistungen bei Ausfall der kritischen Infrastruktur Trinkwasserversorgung am Beispiel der medizinischen Versorgung in Krankenhäusern

Was glauben Sie ist, aus hygienischer Sicht das größte Problem bei einem Ausfall der öffentlichen Trinkwasserversorgung im Krankenhaus?

Gibt es seitens der Gemeinde-/Stadtverwaltung Konzepte zur Notversorgung von Krankenhäusern mit Trinkwasser? Welche Behörden bzw. Abteilungen sind darin involviert?

Ab welchem Ausmaß ist die Bezirksregierung zuständig und bis zu welcher Ereignisgröße ist das Krankenhaus als Unternehmen zuständig?

Wie lange darf das Wasser in den Leitungen stehen, bevor ein hygienisches Problem in den Leitungen entsteht? (Vermehrung von Keimen, etc.)

Ist eine leitungsgebundene Versorgung von Krankenhäusern möglich? Bspw. Einspeisung von Wasser aus Notbrunnen, Wasser aus Tankfahrzeugen oder Wasser aus mobilen Wasseraufbereitungsanlagen und wie müsste diese aussehen?

Ist eine leitungsungebundene Versorgung möglich und welche Einschränkungen sind aus hygienischer Sicht notwendig? (Wasserausgabe im Hof)

Welche Unterschiede gibt es zwischen verschiedenen Tages- oder Jahreszeiten?

Welche Maßnahmen zur Einsparung von Wasser sind hygienisch vertretbar?

- Kein fließendes Wasser auf Normalstationen
- Ersatz von Händewaschen durch Desinfektion
 - Normalstationen
 - Intensivstationen
 - OP's
 - Kreissaal
 - Infektionsstationen
 - Immunsupprimierte Patienten
 - Sonstige
- Händewaschen außerhalb des Krankenhauses (Ausgabestelle im Garten)
- Verwendung von transportablen Toiletten
- Verwendung von Flaschenwasser zum Hände waschen
- Handwaschwasser aus Kanistern
- Sonstige

Kann bei einem großflächigen Ausfall der Wasserversorgung die allgemeine Hygiene in der Stadt zu einem hygienischen Problem für Krankenhaus werden?

Gibt es Einschränkungen bei der Art der Aufbereitung des Wassers zur Verwendung in Spezialbereichen wie Intensivstationen, OP's, Kreißsälen oder zur Dialyse? Gibt es sonstige Bereiche, auf die bei der Aufbereitung Rücksicht genommen werden muss?

Welche Aufbereitungsarten eignen sich für die Wasserversorgung von Krankenhäusern?

- UV Desinfektion
- Desinfektion mit Chemikalien (bspw. Chlor)

- Umkehrosmose
- Filterung
- sonstige

Gibt es Maßnahmen, die im Nachhinein zu großen Komplikationen führen?

Kann für gewisse Verwendungszwecke die Wasserqualität reduziert werden?

Gibt es die Möglichkeit im Ereignisfall Wasser zu verwenden, welches die Anforderungen von Trinkwasser nicht erfüllt, und wie sieht das Prozedere in diesem Fall aus?

Gibt es aus Ihrer Sicht weitere Aspekte, die bei einem Ausfall der öffentlichen Trinkwasserversorgung in Bezug auf die Aufrechterhaltung der Versorgung von Krankenhäusern dringend bedacht werden sollten?

Interviewleitfaden Erfahrungen zur Notwasserversorgung von Krankenhäusern

Thema: Die Aufrechterhaltung von kritischen Versorgungsdienstleistungen bei Ausfall der kritischen Infrastruktur Trinkwasserversorgung am Beispiel der medizinischen Versorgung in Krankenhäusern

In welchem zeitlichen Rahmen musste(n) das Krankenhaus/die Krankenhäuser mit Trinkwasser versorgt werden?

Welches Ausmaß hatte die Versorgung in räumlichen Dimensionen (Anzahl der Krankenhäuser und zusätzlich betroffene Bevölkerung)?

Wie sah die Versorgung des Krankenhauses/ der Krankenhäuser aus (Einspeisung von Wasser aus Notbrunnen, Wasser aus Tankfahrzeugen oder Wasser aus mobilen Wasseraufbereitungsanlagen, etc.)?

Wie viel Planungszeit und Vorbereitungszeit stand Ihnen zur Verfügung?

Auf welche Probleme sind Sie bei der Notfallwasserversorgung gestoßen und wie haben Sie diese gelöst?

Welche Bereiche haben Sie versorgt?

Welche Mengen an Trinkwasser haben Sie zur Versorgung bereitgestellt?

Welche Erkenntnisse haben Sie aus dem Ereignis gewinnen können?

Sind im Anschluss an das Ereignis Veränderungen an bestehenden Konzepten vorgenommen worden bzw. neue Konzepte erarbeitet worden und wie sehen diese aus?

Was glauben Sie ist, aus hygienischer Sicht das größte Problem bei einem Ausfall der öffentlichen Trinkwasserversorgung im Krankenhaus?

Kann für gewisse Verwendungszwecke die Wasserqualität reduziert werden?

Welche Maßnahmen zur Einsparung von Wasser sind hygienisch vertretbar?

- Kein fließendes Wasser auf Normalstationen
- Ersatz von Händewaschen durch Desinfektion
 - Normalstationen
 - Intensivstationen
 - OP's
 - Kreissaal
 - Infektionsstationen
 - Immunsupprimierte Patienten
 - Sonstige
- Händewaschen außerhalb des Krankenhauses (Ausgabestelle im Garten)
- Verwendung von transportablen Toiletten
- Verwendung von Flaschenwasser zum Hände waschen
- Handwaschwasser aus Kanistern
- Sonstige

Gibt es aus Ihrer Sicht weitere Aspekte, die bei einem Ausfall der öffentlichen Trinkwasserversorgung in Bezug auf die Aufrechterhaltung der Versorgung von Krankenhäusern dringend bedacht werden sollten?

Anhang III: Die in Abbildung 2 bis Abbildung 4 verwendeten Zahlenwerte und Quellen

Die Darstellung der verwendeten Zahlenwerte und Quellen erfolgt in alphabetischer Sortierung nach Ländern und innerhalb der Ländergruppen alphabetisch nach Verfassern. Die in Abbildung 2 bis Abbildung 3 verwendeten Quellen sind in der Spalte „Quelle“ in Fettdruck gekennzeichnet. Abbildung 4 stellt eine Zusammenfassung aller in der nachfolgend Tabelle dargestellten Werte dar.

Tabelle 7: Die in den Abbildung 2 bis Abbildung 4 verwendete Zahlenwerte und Quellen alphabetisch sortiert

Wasser- verbrauch	Einheit	Faktor/ KH	Betten	Art des KH	Quelle	Land	Jahr
490	L/Bett/Tag	Otto Wagner Spital	1250		[Daxbeck et al., 2012]	AT	2007-2010
737	L/Bett/Tag	KH Rudolf-stiftung	749		[Daxbeck et al., 2012]	AT	2007-2010
294	L/Bett/Tag	KH Hietzing – Standort Wolkers- bergen-Straße	1044		[Daxbeck et al., 2012]	AT	2007-2010
430	L/Bett/Tag				[Jakobsen & Nielsen, 2016]	AT	
744	L/Bett/Tag	LKH-Graz		Uniklinik	[LKH-Graz, 2017]	AT	2017
911	L/Bett/Tag			UK Wien	[VAMED-KMB, 2010]	AT	2002-2010

900-1800	L/Bett/Tag				Garcia-Sanz-Calcedo et al., 2017]	CA	2011
1795	L/Bett/Tag		165		[Kelly, 2012]	CA	2009
673	L/Bett/Tag				[Kovalova et al., 2013]	CH	2013
805	L/Bett/Tag				Garcia-Sanz-Calcedo et al., 2017]	CU	2002
500	L/Bett/Tag				[Albrecht (Hrsg.), Töpfer (Hrsg.), Mager, & Jatzwauk, 2017]	DE	2017
680 (350-1000)	L/Bett/Tag				[Beck & Schmidt, 1986]	DE	1986
300-600	L/Bett/Tag				[Bischof, 1998]	DE	1998
299	L/Bett/Tag	KH Oldenburg	792		[Bossemeyer, 2009]	DE	2004
299	L/Bett/Tag	KH Oldenburg	792		[Bossemeyer, 2009]	DE	2005

307	L/Bett/Tag	KH Oldenburg	792		[Bossemeyer, 2009]	DE	2006
290	L/Bett/Tag	KH Oldenburg	792		[Bossemeyer, 2009]	DE	2007
351	L/Bett/Tag	KH Oldenburg	792		[Bossemeyer, 2009]	DE	2008
300-600	L/Bett/Tag				[Braun, Rijkers-Defrasne, & Seitz, 2015]	DE	
130-1200	L/Bett/Tag				[Braun et al., 2015 2015]	DE	2011
542	L/Bett/Tag	Hochschulmedizin Dresden		Lehrkrankenhaus	[Carus Green Universitätsklinikum Dresden, 2016/17]	DE	2008-2016
300-600	L/Bett/Tag				[Daschner, o.J.]	DE	
349	L/Bett/Tag		200-399		[Daschner, Dettenkofer, Frank, & Scherrer, 2006]	DE	1994/1997/2006
423	L/Bett/Tag		400-699		[Daschner et al., 2006]	DE	1994/1997/2006

612	L/Bett/Tag		>700		[Daschner et al., 2006]	DE	1994/1997/2006
ca. 310	L/Bett/Tag	DRK KH Chemnitz-Rabenstein			[DRK-KHS, 2016]	DE	2013
ca. 370	L/Bett/Tag	DRK KH Lichtenstein			[DRK-KHS, 2016]	DE	2013
ca. 290	L/Bett/Tag	DRK KH Chemnitz-Rabenstein			[DRK-KHS, 2016]	DE	2015
ca. 325	L/Bett/Tag	DRK KH Lichtenstein			[DRK-KHS, 2016]	DE	2015
130-1200 (500 Mittelwert)	L/Bett/Tag				[DVGW, 2008]	DE	2008
345	L/Bett/Tag	243 KH's	0-250		[EnergieAgentur.NRW, 2010]	DE	1993-1995
361	L/Bett/Tag	243 KH's	251-450		[EnergieAgentur.NRW, 2010]	DE	1993-1995
453	L/Bett/Tag	243 KH's	451-650		[EnergieAgentur.NRW, 2010]	DE	1993-1995

373	L/Bett/Tag	243 KH's	651-1000		[EnergieAgentur.NRW, 2010]	DE	1993-1995
545	L/Bett/Tag	243 KH's	>1000		[EnergieAgentur.NRW, 2010]	DE	1993-1995
363	L/Bett/Tag	243 KH's	0->1000		[EnergieAgentur.NRW, 2010]	DE	1993-1995
321	L/Bett/Tag	ca. 1600 KH's	0-250		[EnergieAgentur.NRW, 2010]	DE	2008
293	L/Bett/Tag	ca. 1600 KH's	251-450		[EnergieAgentur.NRW, 2010]	DE	2008
332	L/Bett/Tag	ca. 1600 KH's	451-650		[EnergieAgentur.NRW, 2010]	DE	2008
296	L/Bett/Tag	v1600 KH's	651-1000		[EnergieAgentur.NRW, 2010]	DE	2008
389	L/Bett/Tag	ca. 1600 KH's	>1000		[EnergieAgentur.NRW, 2010]	DE	2008
315	L/Bett/Tag	ca. 1600 KH's	0->1000		[EnergieAgentur.NRW, 2010]	DE	2008

320	L/Bett/Tag				[Färber, 2017]	DE	
340	L/Bett/Tag				[Fritsch et al., 2011]	DE	2011
456-679	L/Bett/Tag				Garcia-Sanz-Calcedo et al., 2017]	DE	2000/2003
274	L/Bett/Tag	19 KH's	<200		[González, García-Sanz-Calcedo, & Salgado, 2018]	DE	2005-2015
288	L/Bett/Tag	19 KH's	200-500		[González et al., 2018]	DE	2005-2015
296	L/Bett/Tag	19 KH's	500-1000		[González et al., 2018]	DE	2005-2015
301	L/Bett/Tag	19 KH's	>1000		[González et al., 2018]	DE	2005-2015
293-389	L/Bett/Tag				[Jakobsen & Nielsen, 2016]	DE	
120-830 (340 Mittel-wert)	L/Bett/Tag				[Karger & Hoffmann, 2013; Karger, Hoffmann, & Cord-Landwehr, 2008 2008]	DE	2008/2013

360	L/Bett/Tag			KH Landsberg an der Lech	[Klinikum Landsberg am Lech, 2016]	DE	2013-2015
250-450	L/Bett/Tag		150-300		[Krimmling, 2008]	DE	2008
300-500	L/Bett/Tag		300-600		[Krimmling, 2008]	DE	2008
400-600	L/Bett/Tag		600-1000		[Krimmling, 2008]	DE	2008
260	L/Bett/Tag			Grundversorger	[Mauer, 2011]	DE	1996
940	L/Bett/Tag			Maximalversorger	[Mauer, 2011]	DE	1996
482-816	L/Bett/Tag				[Mauer, 2011]	DE	1998
250	L/Bett/Tag		150-300		[Mauer, 2011]	DE	1995
650	L/Bett/Tag		1000-2000		[Mauer, 2011]	DE	1995

500-1000	L/Bett/Tag				[Mauer, 2011]	DE	2002
160-630 (310 Mittelwert)	L/Bett/Tag		90-1500		[Mauer, 2011]	DE	2008
288	L/Bett/Tag				[Michel et al., 2007]	DE	
340	L/Bett/Tag				[Mutschmann & Stimmelmayer, 2007]	DE	2007
340	L/Bett/Tag				[Rautenberg et al., 2014]	DE	2014
250-450	L/Bett/Tag		150-300		[Stadt Frankfurt am Main, 2010 #245]	DE	2010
300-500	L/Bett/Tag		300-600		[Stadt Frankfurt am Main, 2010 #245]	DE	2010
290	L/Bett/Tag	241 KH's	0-250	Grundversorger	[VDI 3807-2:2014-11]	DE	
360	L/Bett/Tag	241 KH's	251-450	Regelversorger	[VDI 3807-2:2014-11]	DE	

430	L/Bett/Tag	241 KH's	451-650	Zentralversorger	[VDI 3807-2:2014-11]	DE	
370	L/Bett/Tag	241 KH's	651-1000	Maximalversorger	[VDI 3807-2:2014-11]	DE	
714	L/Bett/Tag	241 KH's	>1000	Maximalversorger	[VDI 3807-2:2014-11]	DE	
600	L/Bett/Tag				[Wettlaufer, Schimmelpfeng, & Pfaff- Schley, 1999 1999]	DE	1999
295	L/Bett/Tag	WKK Heide			[WKK, 2017]	DE	2005-2014
303	L/Bett/Tag	WKK Brunsbüddel			[WKK, 2017]	DE	2005-2014
562-677	L/Bett/Tag	3 KH's			[Jakobsen & Nielsen, 2016]	DK	
720	L/Bett/Tag	13 KH's			[Garcia-Sanz-Calcedo et al., 2017]	ES	2010-2014
534	L/Bett/Tag				Garcia-Sanz-Calcedo et al., 2017]	ES	2016

537	L/Bett/Tag	20 KH's			[Gonzalez et al., 2016 & Mena, 2016]	ES	2005-2012
500-1000	L/Bett/Tag				[Garcia-Sanz-Calcedo et al., 2017]	EU	
465	L/Bett/Tag	Erzsébet-KH, Sopron	525	525 Betten (mit Neonatologie)	[Daxbeck et al., 2012]	HU	2007-2010
607	L/Bett/Tag	Markusovszky-KH, Szombathely	1321	1321 Betten (mit Neonatologie)	[Daxbeck et al., 2012]	HU	2007-2010
264	L/Bett/Tag	KH des Komitates Zala, Zalaegerszeg	1037	1037 Betten (mit Neonatologie)	[Daxbeck et al., 2012]	HU	2007-2010
450	L/Bett/Tag		>1000	>1000 Betten	[Balwani & Nagarnaik, 2017]	IN	2017
400-450	L/Bett/Tag				[CRF, 2006]	INT	2006
650	L/Bett/Tag	30		Akutkranken-häuser	[CTC-CIT, 2017]	IR	2017
375	L/Bett/Tag	45		KKH	[CTC-CIT, 2017]	IR	2017

916	L/Bett/Tag	10 KH's			[Chebaane & Hoffman, o.J.]	JO	2008
765-918 Mo-Fr 612 Sa&So	L/Bett/Tag			Uniklinik	[Suginaka et al., 2014]	JP	2014
800	L/Bett/Tag				Garcia-Sanz-Calcedo et al., 2017]	MX	2007
450	L/Bett/Tag				Garcia-Sanz-Calcedo et al., 2017]	Pan American	1999
ca. 300	L/Bett/Tag		i.d.R. 100-300	Rayon healthcare facility (district) Tadjikistan	[EPOS Health Management, 2015]	TJ	2015
ca. 500	L/Bett/Tag			Oblast hospital (regional) Tadjikistan	[EPOS Health Management, 2015]	TJ	2015
ca. 500-1000	L/Bett/Tag			National hospital (Maximalversorger) Tadjikistan	[EPOS Health Management, 2015]	TJ	2015
600	L/Bett/Tag	4 KH's			[Altin, Altin, & Degirmenci, 2003 2003]	TR	2003
530-1183	L/Bett/Tag				Garcia-Sanz-Calcedo et al., 2017]	UK	1993

900	L/Bett/Tag			Lehrkrankenhaus	[GB-DHSC, 2016]	UK	2016
531-700	L/Bett/Tag			Akute mit über 100 Patienten	[Seneviratne, 2007]	UK	2007
331-411	L/Bett/Tag			„Longstay“ mit mehr als 250000 Pflegetagen	[Seneviratne, 2007]	UK	2007
218-297	L/Bett/Tag			„Longstay“ mit weniger als 250000 Pflegetagen	[Seneviratne, 2007]	UK	2007
300-1514	L/Bett/Tag				[Garcia-Sanz-Calcedo et al., 2017]	US	2009
710	L/Bett/Tag	300		Akute mit über 100 Patienten	[GB-DETR, 1999]	US	1994
415	L/Bett/Tag	300		„Longstay“ mit mehr als 250000 Pflegetagen	[GB-DETR, 1999]	US	1994
295	L/Bett/Tag	300		„Longstay“ mit weniger als 250000 Pflegetagen	[GB-DETR, 1999]	US	1994
1310	L/Bett/Tag				[Mays, 2001]	US	2001

568-946	L/Bett/Tag				[Revisor of Statutes State of Minnesota (Hrsg.), 2012]	US	
303-568	L/Bett/Tag				[Seneviratne, 2007]	US	2007
1501	L/Bett/Tag	3040 KH's Angabe ursprünglich in Gallons und SqFt			[US-EIA, 2012]	US	Werte 2007, Veröffentlichung 2012
1192	L/Bett/Tag	960 KH's Angabe in Gal/Bett/Tag			[US-EPA, 2012]	US	2012
220-300	L/Bett/Tag				[van Zyl, van Zyl, Geustyn, Ilemobade, & Buckle, 2007 Ilemobade, & Buckle, 2007]	ZA	2007

Anhang IV: Suchbegriffe der Literaturrecherche

Anhang IV.I: Suchbegriffe der primären Literaturrecherche

Deutsch	Englisch
Krankenhaus Wasserversorgung	hospital water supply
Krankenhaus Wasserbedarf	hospital water requirements
Krankenhaus Wasserverbrauch	hospital water consumption
Trinkwasser Notversorgung	„drinking water“ emergency supply hospital
Wasserbedarf pro Person	
Wasserverbrauch pro Person	
Wasserbedarf pro Patient“	water requirement per patient
Wasserverbrauch pro Patient“	water consumption per patient
Wasserbedarf pro Bett“	water requirement per bed
Wasserverbrauch pro Bett“	water consumption per bed
Wasserbedarf pro Tag	
Wasserverbrauch pro Tag	
Krankenhaus Trinkwasser Notversorgung	hospital emergency drinking water supply
	hospital emergency water supply

Deutsch	Englisch
Krankenhaus Wasserversorgung	hospital water supply
Krankenhaus Wasserbedarf	hospital water requirements
Krankenhaus Wasserverbrauch	hospital water consumption
Trinkwasser Notversorgung	„drinking water“ emergency supply hospital
Wasserbedarf pro Patient	hospital water requirement per patient
Wasserverbrauch pro Patient	hospital water consumption per patient
Wasserbedarf pro Bett	hospital water requirement per bed
Wasserverbrauch pro Bett	hospital water consumption per bed
Krankenhaus Trinkwasser Notversorgung	
	hospital emergency water supply
	emergency water supply plan hospital



Die Deutsche Arbeitsgemeinschaft Krankenhaus-Einsatzplanung (DAKEP) e.V. bedankt sich bei Manuel Geiger, Verfasser dieser Masterarbeit. Für den Inhalt ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich. Fragen zur Arbeit richten Sie bitte an: manuelgeiger@gmx.net Auf Wunsch des DAKEP-Mitglieds Manuel Geiger wird seine Arbeit auf den Internetseiten der DAKEP e.V. also Download zur Verfügung gestellt.