

SONDERDRUCK

Vulkan-Verlag

www.gwf-wasser.de

Jahrgang 163 |164|165

ISSN 0016-3651 | B 5399

gwf  Wasser +
Abwasser

Sicherheit der Wasserversorgung



Vorwort

Die Zunahme von Extremwetterereignissen, mögliche Szenarien von weitreichenden technischen Störungen, wie beispielsweise langanhaltende Stromausfälle oder auch die Veränderung sicherheitspolitischer Rahmenbedingungen, sensibilisieren für die Notwendigkeit einer vorsorgenden Analyse und Härtung kritischer Infrastrukturen im Sinne des Risiko- und Krisenmanagements.

Die Gewährleistung der Versorgungssicherheit als zentraler Grundsatz der öffentlichen Wasserversorgung ist in § 42 Abs. 1 des Sächsischen Wassergesetzes als pflichtige kommunale Aufgabe verankert, die nachhaltig zu erfüllen ist. Die Wasserversorgung als elementares Gut der Daseinsvorsorge ist danach über den Normalbetrieb hinaus auch in Not- und Krisensituationen aufrecht zu erhalten. Dieser gesetzliche Auftrag ist durch alle Aufgabenträger konzeptionell-planerisch als Bestandteil der Wasserversorgungskonzepte zu untersetzen. Die Grundsatzkonzeption Wasserversorgung 2030 für den Freistaat Sachsen (GK 2030) beschreibt den hierfür maßgeblichen Rahmen ausführlich. Ergänzend wurde vom Sächsischen Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL) eine Arbeitshilfe zur Bewertung der Redundanz der technischen Infrastruktur bezogen auf die Szenarien Stromausfall und Ausfall einer systemrelevanten Versorgungskomponente ausgereicht.

Die in der hier vorliegenden Sonderpublikation zusammengestellten Fachartikel erschienen in den Jahren 2022–2024 im Vulkan-Verlag. Sie wurden unter Beteiligung von Co-Autoren

federführend von Herrn Heumer, SOWAG mbH Zittau, verfasst. Hinter diesen Artikeln steht eine fundierte fachliche und wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Thematik – Vorsorgeplanung durch risikoanalytische Betrachtung der Trinkwasserversorgungsinfrastruktur.

Dabei werden die einzelnen Schritte des Risikomanagements, angefangen von der Gefahren- über die Vulnerabilitätsanalyse (Verwundbarkeitsbetrachtung) bis hin zur Maßnahmeplanung, ausführlich beschrieben. Die Erkenntnisse werden unter Berücksichtigung der praktischen Erfahrungen in einem Wasserversorgungsunternehmen qualifiziert und vollzugtauglich dargestellt.

Die Fachartikelserie wird den sächsischen Aufgabenträgern als ergänzende Fachinformation zu den Vorgaben der GK 2030 und der Arbeitshilfe zur Bewertung der Redundanz der technischen Infrastruktur zur Verfügung gestellt. Sie kann vergleichende Grundlage sein für bereits vorliegende eigene Ausarbeitungen zum Thema oder Anregung und Orientierung bieten, wo bisher weitergehende Erfahrungen fehlen.

Referat 43 Siedlungswasserwirtschaft, Grundwasser
Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft

¹ Die Artikel werden ergänzend auf der Internetseite zur GK 2030 im Download zur Verfügung gestellt.



FACHBERICHT

PEER-REVIEW

Felix Heumer, Thomas Grischek, Jens Tränckner

Sicherheit der Wasserversorgung –
Gesetzliche Grundlagen und Zuständig-
keiten aus Sicht der Wasserversorgung

FACHBERICHT

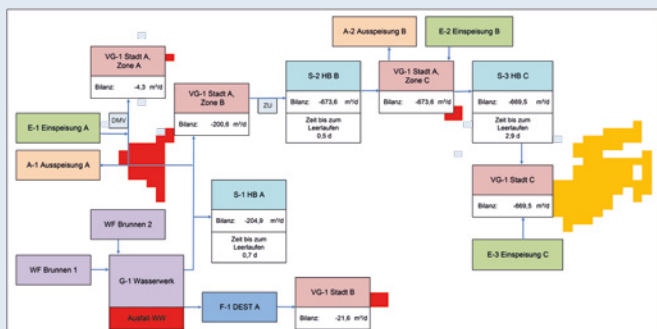
PEER-REVIEW

Felix Heumer, Thomas Grischek, Jens Tränckner

Sicherheit der Wasserversorgung –
Priorisierung von Gefährdungen der Trink-
wasserversorgung im Rahmen
der Risikoanalyse



Quelle: SOWAG GmbH, Zittau



Quelle: SOWAG GmbH, Zittau

FACHBERICHT

PEER-REVIEW

Felix Heumer, Wolfram Kritznier, Thomas Grischek, Jens Tränckner

Sicherheit der Wasserversorgung –
Vulnerabilitätsbewertungen der Trink-
wasserversorgung im Rahmen
der Risikoanalyse



FACHBERICHT

PEER-REVIEW

Felix Heumer, Ina Wienand, Thomas Grischek, Jens Tränckner

Sicherheit der Wasserversorgung – Dimensionierung eines Zwischenpumpwerks unter Beachtung von Not- und Krisenfällen



FACHBERICHT

PEER-REVIEW

Felix Heumer, Ina Wienand, Thomas Grischek, Jens Tränckner

Sicherheit der Wasserversorgung – Blackout Vorsorge – Pilotprojekt der Dieselbevorratung



IMPRESSUM

Herausgeber
Bezugsdaten
Autorenverzeichnis

Sicherheit der Wasserversorgung – Gesetzliche Grundlagen und Zuständigkeiten aus Sicht der Wasserversorgung

Felix Heumer, Thomas Grischek, Jens Tränckner

Eingereicht am: 03.05.2022

Begutachtet im Peer-Review-Verfahren: 05.10.2022

Veröffentlicht: GWF- Wasser Abwasser 11-2022, S. 73- 83

Risikomanagement, Risikoanalyse, Risikomaßnahmen, Landeswassergesetz, Brand- und Katastrophenschutz

Voraussetzung für die Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit sowohl im Normalbetrieb als auch in Not- und Krisenfällen sind konkrete Rahmenvorgaben, definierte Schutzziele und effiziente Vorsorgemaßnahmen. Die Verantwortlichkeiten und der Umfang der Maßnahmen zur Sicherstellung der Wasserversorgung sind in Deutschland gegenwärtig nicht immer eindeutig geregelt und variieren in den Landesgesetzen. Es fehlt an rechtlichen Grundlagen zur Umsetzung von Maßnahmen zur Sicherung der Wasserversorgung über den bundesgesetzlich geregelten Verteidigungsfall hinaus. Risikoanalysen bilden eine gute Grundlage zur Umsetzung von effektiven Vorsorgemaßnahmen. Die Identifizierung von Risiken und Ableitung von Investitionen zur Risikominimierung sollte stärker in die Gesetzgebung eingebunden werden. Abgestimmte und vollzugstaugliche Regelungen zur (leitungsgebundenen) Ersatzwasserversorgung in Not- und Krisensituationen unterstützen die Verantwortungsträger bei der Aufgabe, die öffentliche Wasserversorgung weiter zu härten und auf Not- und Krisensituationen vorbereitet zu sein.

Security of water supply – Responsibilities and overview of the laws in Germany

Maintaining supply security both in normal operations and in emergencies and crises requires concrete frameworks, defined protection goals and efficient precautionary measures. At present, the responsibilities and scope of measures to safeguard water supply are not always clearly regulated in Germany and vary among state laws. There is a lack of legal basis for the implementation of measures to secure water supply beyond the defense case regulated by federal law. Risk analyses provide a good basis for implementing effective precautionary measures. Identification of risks and derivation of investments to mitigate risks should be more integrated into legislation. Coordinated and enforceable regulations for (pipelined) backup water supply in emergency and crisis situations support the responsible parties in their task of further hardening the public water supply and being prepared for emergency and crisis situations.

1 Einleitung

Die Sicherstellung der öffentlichen Wasserversorgung ist eine Aufgabe der kommunalen Daseinsvorsorge [1]. Dies gilt auch für den Not-, Krisen- und Katastrophenfall. Dabei beschreibt der Begriff der öffentlichen Wasserversorgung alle Bestandteile von der Gewinnung über die Aufbereitung bis hin zur Verteilung des Trinkwassers. Die Definitionen des Not-, Krisen- und Katastrophenfalls richten sich nach dem Glossar des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe [2].

Die gesetzlichen Regelungen zur Sicherstellung der Wasserversorgung sind unvollständig und unterscheiden sich zwischen den Bundesländern. Regelungen zum Ausfall der öffentlichen Wasserversorgung werden in den geltenden Gesetzesgrundlagen nur bedingt behandelt. Ausschließlich das Wassersicherungsgesetz [3] beinhaltet konkrete Planungsvorgaben zur Bewältigung eines Ausfalls der öffentlichen Wasserversorgung. Dieses Bundesgesetz findet aber nur im Verteidigungsfall Anwendung. Den fehlenden rechtlichen Inhalt bei bestehenden

Europäische Ebene
Europäische Richtlinie über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch [13]
Bundes Ebene
Wasserhaushaltsgesetz [11] § 50 Abs. 1 Daseinsvorsorge § 50 Abs. 4 Allgemein anerkannte Regeln der Technik Infektionsschutzgesetz [14] § 37 Abs. 1 Beschaffenheit von Wasser Trinkwasserverordnung [12] Abschnitt 2 §§ 4-10 Beschaffenheit des Trinkwassers § 16 Abs. 5 Erstellung von Maßnahmeplänen § 17 Abs. 1 Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Wasser [15] § 5 Umfang der Versorgung, Benachrichtigung bei Versorgungsunterbrechung §§ 12- 14 Kundenanlagen und Zutrittsrecht Wassersicherstellungsgesetz [3] Erste Wassersicherstellungsverordnung [16] §§ 1-3 Deckung des lebensnotwendigen Bedarfs an Trinkwasser Zweite Wassersicherstellungsverordnung [17]
Landes Ebene
Landeswassergesetze Gesetze über Brandschutz, Rettungsdienst und Katastrophenschutz Gesetze über den öffentlichen Gesundheitsdienst
Kommunale Ebene
Satzungen: Anschlussatzungen, Versorgungssatzungen Bsp. Anschlussatzungen

Bild 1: Zusammenstellung der gesetzlichen Bestimmungen mit ausgewählten Paragraphen

Notfällen beschreibt Reinhardt [4] wie folgt: „Keine Regelungen treffen sie [u.a. Wasserhaushaltsgesetz (WHG), Trinkwasserverordnung (TrinkwV), Infektionsschutzgesetz (IfSG)] für den eingetretenen Notfall selbst, in dem bei Versagen der vorsorglichen Sicherungen die dem Staat obliegende Versorgung des Bürgers mit dem lebensnotwendigen Gut auf andere Weise zu erfolgen hat. Anderes gilt im Verteidigungsfall, für den das Wassersicherstellungsgesetz des Bundes zum Schutz der Zivilbevölkerung und der Streitkräfte ein umfassendes Konzept zur Deckung des Bedarfs an Trink-, Betriebs- und Löschwasser sowie zu Abwasserbeseitigung und Entwässerung errichtet.“

Dabei können auch die Auswirkungen des Klimawandels, Cyberangriffe, Pandemien, und viele weitere Gefahren zu einer Unterbrechung der Wasserversorgung führen. Zu den Auswirkungen der Naturgefahren lassen sich viele historische Beispiele recherchieren. So wurden in 2021 im Ahrtal ganze Infrastrukturbereiche durch Hochwasser zerstört [5] und in 2018 war durch die Trockenperiode die Wasserversorgung in Deutschland beeinträchtigt [6–7]. Die Steigerung der Häufigkeit und Intensität von derartigen Extremwetterereignissen ist in den Klimaprojektionen dargestellt [8–9]. Des Weiteren wird im Bereich der Sabotage vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) [10] mit vermehrten Cyberangriffen gerechnet. Somit bele-

gen die Prognosen zum Klimawandel und des BSI, dass zurzeit ein Ausfall der öffentlichen Wasserversorgung durch andere Gefahren wahrscheinlicher ist, als eine Unterbrechung der Wasserversorgung durch kriegerische Handlungen.

Basierend auf einer Übersicht der aktuellen Rechtsbestimmungen und Zuständigkeiten in den einzelnen Bundesländern werden resultierende Regelungslücken und Verständnisfragen beim Aufbau einer sicheren Wasserversorgung im Not-, Krisen- und Katastrophenfall analysiert.

2 Rechtsbestimmungen

2.1 Überblick der wesentlichen Rechtsbestimmungen

Der Umgang mit Trinkwasser und die Vorsorge für eine sichere Wasserversorgung sind im WHG [11], der TrinkwV [12] und in den Wassergesetzen der Länder verankert. **Bild 1** gibt einen Überblick über Gesetzesebenen, zugeordnete Gesetze und ausgewählte Paragraphen, welche Regelungen für eine sichere Wasserversorgung enthalten.

Das WHG [11] beschreibt im § 50 die öffentliche Wasserversorgung als Aufgabe der Daseinsvorsorge. Auf dieser Grundlage sind die Kommunen verpflichtet, ihre Bürger mit Trinkwasser zu versorgen. Gemäß § 50 Abs. 4 WHG [11] müssen bei der Versor-

Tabelle 1: Normen der Sicherheit der Trinkwasserversorgung

DIN 2000	Zentrale Trinkwasserversorgung – Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Versorgungsanlagen [18]
DIN 2001-3	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 [19]
DIN EN 15975-1	Sicherheit der Trinkwasserversorgung – Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement – Teil 1: Krisenmanagement; Deutsche Fassung [20]
DIN EN 15975-2	Sicherheit der Trinkwasserversorgung – Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement – Teil 2: Risikomanagement [21]
DVGW W 1001	Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Risiko- und Krisenmanagement [22]
DVGW W 1003	Resilienz und Versorgungssicherheit in der öffentlichen Wasserversorgung [23]
DVGW W 1020	Empfehlungen und Hinweise für den Fall von Abweichungen von Anforderungen der Trinkwasserverordnung; Maßnahmeplan und Handlungsplan [24]
DVGW W 1000	Anforderungen an die Qualifikation und die Organisation von Trinkwasserversorgern [25]
DVGW W 1050	Objektschutz von Wasserversorgungsanlagen [26]
DVGW W 1060	IT-Sicherheit – Branchenstandard Wasser/Abwasser [27]
FwDV 100	Führung und Leitung im Einsatz – Führungssystem [28]

gung grundsätzlich die allgemein anerkannten Regeln der Technik (a.a.R.d.T.) eingehalten werden.

Qualitätsanforderungen und Überwachungshäufigkeiten sind als Rahmen in der Trinkwasserrichtlinie der Europäischen Union [13] enthalten. Das IfSG [14] und die TrinkwV [12] setzen die EU-Richtlinie in nationales Recht um. Dabei beschreibt das IfSG die Anforderung an das Trinkwasser wie folgt: „Wasser für den menschlichen Gebrauch muss so beschaffen sein, dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit, insbesondere durch Krankheitserreger, nicht zu besorgen ist“ [14]. Die zentralen Regelungsinhalte der TrinkwV [12] sind die Beschaffenheit, die Aufbereitung und Desinfektion, die Pflichten der Wasserversorger sowie die Überwachung des Trinkwassers.

Die TrinkwV fordert im § 17 Abs. 1 [12] weiterhin, dass Trinkwasserversorgungsanlagen nach den a.a.R.d.T. zu planen, zu bauen und zu betreiben sind. Die Einhaltung dieser Forderung erfolgt mit Umsetzung des technischen Regelwerkes, welches regelmäßig durch die Fachverbände, z. B. den Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW), fortgeschrieben wird. **Tabelle 1** bietet eine Zusammenstellung der wichtigsten Normen für die Sicherung der Trinkwasserversorgung.

Die Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Wasser (AVBWasserV) [15] beschreibt in den §§ 12–14 die Anforderungen an Kundenanlagen und Zutrittsrechte des Wasserversorgers. Auch die Kundenanlagen müssen den a.a.R.d.T. entsprechen. Nach der Verordnung dürfen nur Wasserversorgungsunternehmen oder im Installateurverzeichnis eingetragene Firmen die Kundenanlagen errichten oder wesentliche Veränderungen vornehmen.

Damit werden auch für die Kundenanlagen eine geeignete Materialauswahl im Kontakt mit dem Trinkwasser, der Einbau von

Sicherheitsarmaturen und eine fachgerechte Installation sichergestellt.

Alle vorgenannten rechtlichen Regelungen dienen der Sicherstellung der Wasserversorgung unter normalen Betriebsbedingungen. Das Wassersicherstellungsgesetz (WasSiG) [3] beschreibt die Anforderungen für den Verteidigungsfall. Mit dem Gesetz und den zugehörigen Verordnungen soll eine Notversorgung der Bevölkerung mit Wasser sichergestellt werden. Dabei regelt die erste Wassersicherstellungsverordnung (1. WasSV) [16] den lebensnotwendigen Bedarf an Trinkwasser und die zweite Wassersicherstellungsverordnung (2. WasSV) [17] die baulichen Anforderungen an Brunnen und Quelfassungen.

2.2 Ergänzende Rechtsbestimmungen auf Landesebene

Weitergehende Regelungen zur Härtung der Wasserversorgung enthalten – sektoral verteilt – diverse Gesetze auf Ebene der Bundesländer: Landeswassergesetze, Brand- und Katastrophenschutzgesetze, Infektionsschutzverordnungen und Gesetze des öffentlichen Gesundheitsdienstes. Die Inhalte und auch die Zuständigkeiten zur Sicherstellung der Wasserversorgung variieren jedoch zwischen den Ländern.

Ein Vergleich der Landeswasser- und Landeskatastrophenschutzgesetze wurde durch Broß u. a. [29] 2019 veröffentlicht, dieser Vergleich wurde fortgeschrieben und durch die Angabe von relevanten Paragraphen ergänzt (**Tabelle 2**).

In der Veröffentlichung von Broß u. a. [29] wurden für sechs Bundesländer rechtliche Inhalte zur Sicherstellung der Wasserversorgung identifiziert. Für die aktuelle Übersicht (**Tabelle 2**) konnten nur noch für Bayern [31, 47] und das Saarland [41, 57] keine Regelungen mit Bezug zur Sicherstellung der Wasserversorgung herausgearbeitet werden. Bei vier Ländern (Bremen [50], Niedersachsen [54], Sachsen-Anhalt [59] und Schleswig-Holstein [60])

Tabelle 2: Vergleich der Landeswasser-, Brand- und Katastrophenschutzgesetze der Länder

Land	Landeswassergesetze		Brand- und Katastrophenschutzgesetze	
	Gesetz und relevante Paragraphen der Wasserversorgung	Regelung zur Sicherstellung WV	Gesetz und relevante Paragraphen	Regelung zur Sicherstellung WV
Baden-Württemberg	Wassergesetz für Baden-Württemberg (WG) §§ 44–45; §§ 100–114 [30]	§44 Abs. 3 Öffentliche Wasserversorgung – Durchführung von vorsorgenden Maßnahmen zur Versorgungssicherheit	Gesetz über den Katastrophenschutz Baden-Württemberg (LKatSG BW) [46]	
Bayern	Bayerisches Wassergesetz (BayWG) Art. 31–32; Art. 68 [31]		Bayerisches Katastrophenschutzgesetz (BayKSG) [47]	
Berlin	Berliner Wassergesetz (BWG) § 13a, § 18, § 22, § 24a, §§ 37a–38 [32]	§37a Abs. 1 Land Berlin muss öffentliche Wasserversorgung sicherstellen, Übertragung an Berliner Wasserbetriebe	KatSG [48]	§ 19 Pkt. 9 Mitwirkungspflicht für Betreiberinnen und Betreiber Kritischer Infrastrukturen § 28 Abs. 1–2 Sicherstellung, dass die eigenen Anlagen bei Ausfall oder Beeinträchtigung auch anderer Kritischer Infrastrukturen für einen angemessenen Zeitraum eigenständig fortgeführt werden
Brandenburg	Brandenburgisches Wassergesetz (BbgWG) §§ 15–17, § 33, §§ 40–42, §§ 59–63 [33]	§63 Abs. 1 Wasserwirtschaftsamt stellt einen Plan auf zur gebietsübergreifenden Sicherstellung der öffentlichen Wasserversorgung	Gesetz über den Brandschutz, die Hilfeleistung und den Katastrophenschutz des Landes Brandenburg (BbgBKSG) [49]	§ 5 Pkt. 9 Das Land hat Festlegungen zu treffen, um den Schutz kritischer Infrastruktur langfristig und nachhaltig zu sichern.
Bremen	Bremisches Wassergesetz (BremWG) §§ 40–42 [34]		Bremisches Hilfeleistungsgesetz (BremHilfG) [50]	§ 40 Einheiten und Einrichtungen öffentlicher Träger wirken im Katastrophenschutz mit.
Hamburg	Hamburgisches Wassergesetz (HWA) § 16, § 17, § 27, § 54a, § 96 [35]	§ 54a Abs. 3 Wasserversorgung hat Pflicht zur besonderen Hochwasservorsorge	Hamburgisches Katastrophenschutzgesetz (HmbKatSG) [51]	§ 11 Abs. 1 Die der Aufsicht der Freien und Hansestadt Hamburg unterliegenden juristischen Personen des öffentlichen Rechts wirken beim Katastrophenschutz mit.
Hessen	Hessisches Wassergesetz (HWG) § 28, §§ 30–36 [36]	§31 Abs. 1 Wasserversorgungsanlagen sind so zu betreiben, dass die öffentliche Sicherheit gewährleistet ist.	Hessisches Gesetz über den Brandschutz, die Allgemeine Hilfe und den Katastrophenschutz (HBKSG) [52]	§ 27 Abs. 1 Die öffentlichen Einheiten und Einrichtungen wirken im Katastrophenschutz mit.
Mecklenburg-Vorpommern	Wassergesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern (LWaG) § 7, §§ 16–18, § 31, §§ 43–46, §122, § 136 [37]		LKatSG M-V [53]	§ 3 Abs. 2 Pkt. 5 Katastrophenschutzbehörden übertragen die Aufgaben an zuständige Behörden der Trinkwasserversorgung. §13a Abs. 2 Betreiber von Einrichtungen, die Kritische Infrastrukturen sind oder solcher angehören, haben durch geeignete Maßnahmen der Entstehung eines Ausfalls oder einer Beeinträchtigung Kritischer Infrastrukturen vorzubeugen sowie geeignete Maßnahmen zur Eindämmung und Bewältigung eines Schadensereignisses vorzuhalten. Insbesondere haben sie sicherzustellen, dass sie ihre Aufgaben bei Ausfall oder Beeinträchtigung auch anderer Kritischer Infrastrukturen für einen angemessenen Zeitraum eigenständig fortführen können.
Niedersachsen	Niedersächsisches Wassergesetz (NWG) § 4, §§ 21–28, §§ 88–93 [38]		Niedersächsisches Katastrophenschutzgesetz (NKatSG) [54]	§ 4 Andere Behörden, Dienststellen und sonstige Träger öffentlicher Aufgaben wirken im Rahmen ihrer Zuständigkeiten oder im Wege der Amtshilfe im Katastrophenschutz mit. § 14 Abs. 1 Einheiten und Einrichtungen öffentlicher Träger wirken im Katastrophenschutz mit.
Nordrhein-Westfalen	Wassergesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (LWG NW) §§ 35–42, § 84, § 98 [39]	§ 38 Abs. 3 langfristige Sicherstellung der öffentlichen Wasserversorgung durch Gemeinde unter Beachtung des Klimawandels § 84 Abs. 3 Pkt. 1 Anlagen zur Trinkwasserversorgung sind so zu errichten und zu betreiben, dass sie auch bei Hochwasser betrieben oder durch eine andere Anlage ersetzt werden können.	BHKG [55]	§ 47 Abs. 2 Auskunftspflicht der Wasserversorgung zur Ort und Lage von besonders zu schützenden Einrichtungen und zur räumlichen Ausdehnung von Versorgungsausfällen

Rheinland-Pfalz	Landeswassergesetz Rheinland-Pfalz (LWG RP) § 13, §§ 47–54 [40]	§ 53 die oberste Wasserbehörde kann einen Plan aufstellen zur gebietsübergreifenden Sicherstellung der öffentlichen Wasserversorgung	Landesgesetz über den Brandschutz, die allgemeine Hilfe und den Katastrophenschutz Rheinland-Pfalz (LBKG) [56]	§ 2 Abs. 4 Träger öffentlicher Aufgaben sollen über ihre Zuständigkeiten und die Amtshilfe hinaus die Aufgabenträger bei der Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen für die Abwehr von Gefahren im Rahmen ihrer Möglichkeiten unterstützen.
Saarland	Saarländisches Wassergesetz (SWG) §§ 13–13a, § 18, § 37, § 48 [41]		Gesetz über den Brandschutz, die Technische Hilfe und den Katastrophenschutz im Saarland (SBKG) [57]	
Sachsen	Sächsisches Wassergesetz (SächsWG) § 39, §§ 42–46, § 55, § 68, § 90–91 [42]	§ 42 Abs. 1 Träger der öffentlichen Wasserversorgung haben unter Berücksichtigung der demografischen und klimatischen Entwicklungen die Wasserversorgung, einschließlich der Versorgung in Not- und Krisensituationen, langfristig sicherzustellen.	Sächsisches Gesetz über den Brandschutz, Rettungsdienst und Katastrophenschutz (SächsBRKG) [58]	§ 39 Abs. 1 Mitwirkung im Katastrophenschutz von Einrichtungen des öffentlichen Rechts § 37 Abs. 1 Pkt. 2 Nach dem Auslösen des Katastrophenalarms ... auf den Schutz gefährdeter Rechtsgüter im Sinne von § 2 Abs. 3 vor den Einwirkungen des Katastrophengeschehens hinzuwirken.
Sachsen-Anhalt	Wassergesetz für das Land Sachsen-Anhalt (WG LSA) § 18, §§ 70–76, §§ 83–85 [43]		Katastrophenschutzgesetz des Landes Sachsen-Anhalt (KatSG-LSA) [59]	§ 11 Abs. 2 Die Katastrophenschutzbehörde sorgt für die Aufstellung von Einheiten und Einrichtungen des Katastrophenschutzes in bedarfsangemessenem Umfang und fördert diese. Hierbei bedient sie sich der im Katastrophenschutz mitwirkenden öffentlichen und privaten Träger ...
Schleswig-Holstein	Landeswassergesetz Schleswig-Holstein (LWG SH) §§ 41–43; § 110 [44]		Gesetz über den Katastrophenschutz in Schleswig-Holstein (LKatSG SH) [60]	§ 8 Abs. 1 Alle Behörden des Landes und alle der Aufsicht des Landes unterstehenden juristischen Personen des öffentlichen Rechts, die im Bezirk der jeweiligen Katastrophenschutzbehörde öffentlich-rechtliche Verwaltungstätigkeit wahrnehmen, haben im Rahmen ihres Aufgabenbereiches beim Katastrophenschutz zu helfen. § 7 Abs. 1 Pkt. 2 Bei Katastrophen hat die Katastrophenschutzbehörde ... auf den Schutz gefährdeter Rechtsgüter im Sinne des § 1 Abs. 1 hinzuwirken.
Thüringen	Thüringer Wassergesetz (ThürWG) § 33, § 39, §§ 42–45 [45]	§ 43 Fernwasserverbund zur regionalen sicheren öffentlichen Wasserversorgung	Thüringer Gesetz über den Brandschutz, die Allgemeine Hilfe und den Katastrophenschutz (ThürBKG) [61]	§ 35 Abs. 1 (1) Die Katastrophenschutzbehörde leitet den Katastrophenschutz ein. Sie kann innerhalb ihres Zuständigkeitsbereichs allen zuständigen Behörden und Dienststellen des Landes der gleichen oder einer niedrigeren Stufe, mit Ausnahme der obersten Landesbehörden, Weisungen erteilen. Das Gleiche gilt für die der Aufsicht des Landes unterstehenden Träger öffentlicher Aufgaben.

Keine konkrete Regelung zur Sicherstellung der Wasserversorgung enthalten

Allgemeingültige Regelung mit indirektem Bezug zur Trinkwasserversorgung

ist der Inhalt, in Bezug auf die Sicherstellung der Wasserversorgung, jedoch nur sehr allgemein in den Brand- und Katastrophenschutzgesetzen gefasst.

In einigen Landeswassergesetzen sind konkrete Regelungen zur Härtung der Wasserversorgung enthalten. Der § 42 Abs. 1 SächsWG [42] beschreibt beispielsweise, dass die Träger der öffentlichen Wasserversorgung die Versorgung mit Trinkwasser – auch in Not- und Krisenfällen – sicherstellen müssen. Die Anpassung an den Klimawandel wird im § 38 Abs. 3 LWG NW [39] und § 42 Abs. 1 SächsWG [42] eindeutig benannt. Der besondere Schutz der Anlagen vor Hochwasser ist im § 84 Abs. 3 Pkt. 1 LWG NW [39] enthalten. Und die gebietsübergreifende Sicherstellung der Wasserversorgung wird in den § 53 LWG RP [40] und § 43 ThürWG [45] gefordert.

Explizierte Regelungen zur Erhöhung der Versorgungssicherheit der Trinkwasserversorgung sind auch in den Brand- und Katastrophenschutzgesetzen zu finden. So wird z. B. die Sicherstellung des Betriebes der eigenen kritischen Infrastruktur auch beim Ausfall anderer kritischer Infrastruktur im § 28 Abs. 1–2 KatSG [48] und § 13a LKatSG M-V [53] gefordert.

Die Anforderungen an die öffentliche Wasserversorgung gemäß IfSG [14] und der TrinkwV [12] werden durch den öffentlichen Gesundheitsdienst festgelegt. Die landesrechtlichen Regelungen sind in der **Tabelle 3** aufgelistet.

In Niedersachsen [71] und Schleswig-Holstein [77] ist kein direkter Bezug zur Überwachung der Trinkwasserversorgungsanlagen in den Gesetzen des öffentlichen Gesundheitsdienstes enthalten.

Tabelle 3: Übersicht der Gesetze des öffentlichen Gesundheitsdienstes

Land	Gesetze und Quellangabe	Regelung zur Sicherstellung WV
Baden-Württemberg	Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst Baden-Württemberg (ÖGDG-BW) [62]	§ 11 Überwachung von Wasser für den menschlichen Gebrauch
Bayern	Gesundheitsdienst- und Verbraucherschutzgesetz Bayern (GDVG) [63]	Art. 16 Überwachung
Berlin	Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst Berlin (GDG-B) [64]	§ 10 Umweltbezogener Gesundheitsschutz, § 12 Überwachung
Brandenburg	Gesetz über den Öffentlichen Gesundheitsdienst im Land Brandenburg (BbgGDG) [65]	§ 3 Überwachung
Bremen	Gesetz über den Öffentlichen Gesundheitsdienst im Lande Bremen (ÖGDG-Brem) [66]	§ 20 Schutz vor schädigenden Umwelteinflüssen, § 25 Überwachung
Hamburg	Gesetz über den Öffentlichen Gesundheitsdienst in Hamburg (HmbGDG) [67]	§ 13 Einhaltung der Infektionshygiene
Hessen	Hessisches Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst (HGöGD) [68]	§ 9 Überwachung, § 15 Aufgaben des Hessischen Landesprüfungs- und Untersuchungsamtes im Gesundheitswesen
Mecklenburg-Vorpommern	Gesetz über den Öffentlichen Gesundheitsdienst im Land Mecklenburg-Vorpommern (ÖGDG-MV) [69]	§ 9 Hygienische und gesundheitsrechtliche Überwachung
	Gesetz zur Ausführung des Infektionsschutzgesetzes im Land Mecklenburg-Vorpommern (IfsAG-MV) [70]	§§ 1-2 Umsetzung der Aufgaben nach Trinkwasserverordnung
Niedersachsen	Niedersächsisches Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst (NGöGD) [71]	§ 9 wasserhygienische Untersuchungen, kein direkter Hinweis zur Überwachung der Trinkwasseranlagen enthalten
Nordrhein-Westfalen	Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst des Landes Nordrhein-Westfalen (ÖGDG-NRW) [72]	§ 6 Aufgaben Gesundheitsbehörde, §17 Hygieneüberwachung
Rheinland-Pfalz	Landesgesetz Rheinland-Pfalz über den öffentlichen Gesundheitsdienst (ÖGdG, 2019) [73]	§ 7 Überwachung
Saarland	Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst Saarland (ÖGDG-SL) [74]	§ 12 Überwachung
Sachsen	Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst im Freistaat Sachsen (SächsGDG) [75]	§ 8 Überwachung
Sachsen-Anhalt	Gesetz über den Öffentlichen Gesundheitsdienst und die Berufsausübung im Gesundheitswesen im Land Sachsen-Anhalt (GDG-LSA) [76]	§ 6 Umweltbezogener Gesundheitsschutz inkl. Überwachung, § 31 Finanzierung
Schleswig-Holstein	Gesetz über den Öffentlichen Gesundheitsdienst Schleswig-Holstein (GDG-SH) [77]	§ 11 lit. 3. Kreise und kreisfreien Städte nehmen die Aufgaben nach der 1. Wassersicherungsverordnung wahr, kein direkter Bezug zur Überwachung der Trinkwasseranlagen enthalten
Thüringen	Verordnung über den öffentlichen Gesundheitsdienst und die Aufgaben der Gesundheitsämter in den Landkreisen und kreisfreien Städten Thüringen (GesDV-TH) [78]	§ 1 Anforderungen an Trinkwasser sind zu beachten, § 6 Überwachung
		Ein Gesetz zum öffentlichen Gesundheitsdienst ist in Thüringen nicht vorhanden, Anforderungen des IfSG [5] und der TrinkwV [6] sind nicht ausreichend umgesetzt

Keine Regelung zur Überwachung der Trinkwasserversorgung

Das Land Thüringen regelt in einer Verordnung des öffentlichen Gesundheitsdienstes [78] die Überwachung der Trinkwasserversorgung, die Verordnung wurde zuletzt 1998 aktualisiert. Dabei ist es Aufgabe der Länder, die Anforderungen, die sich aus den bundesgesetzlichen Vorschriften ergeben, durch fortlaufende Novellierung der Länderregelungen sicherzustellen.

3 Verantwortlichkeiten und Stand der Notfallvorsorge

3.1 Überblick der Verantwortlichkeiten

Die Verantwortlichkeiten werden durch den Bund und die Länder geregelt. Dabei obliegen die grundsätzlichen Anforderungen der Wasserversorgung (stoff- oder anlagenbezogenen Re-

gelungen), der Zivilschutz und die Trinkwasserqualität dem Bund. Die Länder regeln die Umsetzung der grundsätzlichen Anforderungen in der Wasserversorgung und den Katastrophenschutz. Im sogenannten 3-Säulen-Modell des BBK werden die unterschiedlichen Zuständigkeiten zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in Abhängigkeit der vorliegenden Lage (Normalbetrieb, Krisen-, Katastrophen- oder Verteidigungsfall) dargelegt [1].

3.2 Normalbetrieb

Der für die Pflichtaufgabe der öffentlichen Wasserversorgung Verantwortliche (Aufgabenträger) ist im Rahmen der Daseinsvorsorge für die leitungsgebundene Wasserversorgung zuständig. Grundsätzlich soll die leitungsgebundene Wasserversorgung so lange wie möglich aufrechterhalten werden. Nach DIN

2000 [18] sind durch den Wasserversorger folgende Aufgaben zur Sicherung der Trinkwasserversorgung zu realisieren:

- hohe Verfügbarkeit, möglichst störungsfreie, eigensichere Funktion der Anlagen,
- Versorgung mit Energie, Rohstoffen und Betriebsmitteln,
- nachhaltige Instandhaltung zur Substanz- und Werterhaltung der Infrastruktur,
- möglichst redundante Auslegung der Systeme.

Stellt der Betreiber der Wasserversorgungsanlagen eine Abweichung nach TrinkwV [12] fest, so muss er das zuständige Gesundheitsamt informieren. Das Gesundheitsamt entscheidet in Abhängigkeit der Gefährdung über den weiteren Betrieb der Wasserversorgungsanlagen, ggf. unter Auflagen. Weiterhin kann das Gesundheitsamt eine zeitlich begrenzte Duldung von Grenzwertüberschreitungen nach §§ 9 und 10 TrinkwV [12] zulassen oder eine Umstellung auf eine alternative Versorgung anordnen. Die Unterbrechung der leitungsgebundenen Wasserversorgung sollte als äußerste Maßnahme des Gesundheitsamtes gesehen werden. Zur Vorbereitung auf derartige Störfälle sind durch den Wasserversorger Maßnahmepläne entsprechend § 16 TrinkwV [12] zu erarbeiten und fortzuschreiben. Bis zu diesem Punkt sind die Zuständigkeiten und die damit notwendigen Aufgaben der Wasserversorger eindeutig geregelt.

3.3 Ersatzwasserversorgung

Ist eine qualitative oder quantitative Beeinträchtigung der leitungsgebundenen Versorgung gegeben, kann eine zeitlich begrenzte Bereitstellung von Trinkwasser im Rahmen einer Ersatzwasserversorgung notwendig werden. Eine Ersatzwasserversorgung ist laut DIN 2001-3 [19] eine zeitlich begrenzte Bereitstellung von Trinkwasser bei Unterbrechung des Normalbetriebs. Die Trinkwasserqualität entspricht dabei der TrinkwV [12]. Hinweise zur Bemessung der Ersatzwasserversorgung sind in der Konzeption Zivile Verteidigung [79] enthalten, dort wird der Bedarf an Trinkwasser mit 50 Litern pro Person und Tag angegeben.

Ganz unterschiedliche Szenarien können zum Eintritt der Ersatzwasserversorgung führen. Wie im Kap. 1 beschrieben, kam es in der Trockenperiode 2018 zu mehreren Beeinträchtigungen in der Wasserversorgung, z. B. wurde in Stade die Wasserversorgung rationiert und ein Verbot der Gartenbewässerung ausgesprochen [6], der Lippe-Verband rief zum sparsamen Wassergebrauch auf [7] und auch bei der Südoberlausitzer Wasserver- und Abwasserentsorgungsgesellschaft (SOWAG) wurde in einigen Versorgungsgebieten die Wasserversorgungskapazität ausgereizt [80]. In derartigen Extremsituationen können laut § 8 Abs. 1 WHG [11] zur Wahrung der öffentlichen Sicherheit aus den Rohwasserdargeboten auch mehr als die erlaubten Mengen entnommen werden. Diese Notfallklausel gilt nur im Einzelfall und darf nicht als dauerhafte Lösung zur Abfederung der Folgen des Klimawandels angewendet werden. Neben der Kapazitätserhöhung sollten in Zeiten begrenzter Wasserverfügbarkeit auch gesetzliche Grundlagen zur Verbrauchsreduzierung, wie z. B. Untersagung der Wassernutzung für Garten und Pool oder Einschränkungen für Gewerbe und Industrie, genutzt werden. Dies wurde

z. B. in Gefahrenabwehrverordnungen zur Sicherung der Trinkwasserversorgung in einzelnen hessischen kreisfreien Städten umgesetzt [81–83]. Weiterhin ist die wasserrechtliche Erlaubnis für diese Anwendungsbereiche ein zentrales Instrument.

Besonders kritisch sind flächenwirksame Gefahren wie ein länger andauernder Stromausfall (Blackout). Bei derartigen Ereignissen besteht eine hohe Vulnerabilität der Wasserversorgung. Gleichzeitig ist aufgrund der großen und vielfältigen Auswirkungen mit nur begrenzten Kapazitäten von Einsatz- und Hilfsorganisationen, wie Technisches Hilfswerk, Feuerwehr, Polizei, oder benachbarten Wasserversorgungsunternehmen zu rechnen. Grundsätzlich kann gerade bei Stromausfall eine leitungsgebundene Ersatzwasserversorgung am ehesten einen Großteil der Versorgung (und damit auch den Bedarf des Gesundheitswesens und die Abwasserentsorgung) abdecken. Konkretisierte Schutzziele finden sich für diese Szenarien z. B. im § 28 Abs. 1–2 KatSG [48] und § 13a Abs. 2 LKatSG M-V [53]. In diesen Paragraphen wird gefordert, dass die eigenen Anlagen bei Ausfall oder Beeinträchtigung auch anderer Kritischer Infrastrukturen für einen angemessenen Zeitraum eigenständig weiterbetrieben werden. Auf dieser gesetzlichen Grundlage kann der Wasserversorger z. B. den Betrieb eines Wasserwerkes durch Notstromversorgung oder durch Errichtung von Verbundleitungen absichern.

Gleiches gilt für den Ausfall von Einzelanlagen, unabhängig von der Ursache des Ausfalls. Jedoch kann bei nur lokal wirkenden Ereignissen, wie z. B. einem Ausfall einzelner Wasserwerke, auch mit einer Unterstützung durch andere Wasserversorgungsunternehmen und Hilfsorganisationen, wie z. B. das THW, gerechnet werden.

Konkrete Schutzziele sind auch für den Hochwasserfall definiert, die Anforderung entspricht üblicherweise dem Schutz gegenüber einem 100-jährigen Hochwasser. Darüber hinaus werden z. B. im § 54a Abs. 3 HWaG [35] und im § 84 Abs. 3 Pkt. 1 LWG NW [39] besondere Pflichten für die Hochwasservorsorge der Trinkwasserversorgung benannt. Für den Hochwasserfall gibt es eine statistische Bewertung und Definition der Beeinträchtigung der Wasserversorgung und gleichzeitig eine Grundlage zur Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen.

3.4 Notwasserversorgung

Die Notwasserversorgung ist laut DIN 2001-3 [19] eine zeitlich begrenzte Bereitstellung von Wasser zur Deckung des lebensnotwendigen Bedarfs. Der Normalbetrieb ist dabei unterbrochen und eine Ersatzwasserversorgung nicht möglich. Der tägliche Notwasserbedarf wird mit 15 Litern pro Person angegeben [79].

Endet die leitungsgebundene Wasserversorgung und ordnet das Gesundheitsamt eine Notwasserversorgung an, dann liegt die Verantwortung für die Bereitstellung der Notwasserversorgung bei der Kommune. Die Kommune muss im Rahmen der Daseinsvorsorge prüfen welche Versorgungsarten in Frage kommen (§ 5 AVBWasserV [15]). Die benötigten Ressourcen können im Idealfall durch den Wasserversorger bereitgestellt werden. Sind die Ressourcen des Wasserversorgers nicht ausreichend, dann sind die Verfügbarkeit und der Zugriff auf Alternativen zu prüfen [29]. Geeignete Maßnahmen, wie z. B. Wassertransportfahrzeuge, Notbrunnen und mobile Aufbereitungsanlagen, werden durch Broß u. a. [29] beschrieben.

Ist die Sicherstellung der Notwasserversorgung nicht möglich, so kann der Katastrophenschutz der Landkreise oder kreisfreien Städte Unterstützung leisten. Zur Unterstützung können im Krisen- oder Katastrophenfall die Anlagen der Wassersicherstellung, wie z. B. Notbrunnen oder Verbundleitungen, genutzt werden. Voraussetzung für die Nutzung der Anlagen zur Wassersicherstellung ist die Zustimmung der zuständigen Behörde [4]. Die Maßnahmen zur Wassersicherstellung wurden überwiegend in Prioritätsgebieten ausgeführt und sind nicht flächendeckend vorhanden. Somit kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Notwasserversorgung über die Anlagen zur Wassersicherstellung abgedeckt ist.

Inwieweit die Kommunen infrastrukturell, personell und logistisch auf diese Verantwortlichkeit vorbereitet sind, bleibt offen. Unabhängig von der öffentlichen Vorsorge sollten auch Privathaushalte eine Notfallreserve einrichten. Dazu empfiehlt die Konzeption Zivile Verteidigung [79] für jede Person 2 Liter Trinkwasser pro Tag für mindestens fünf Tage als Eigenvorsorge vorzuhalten.

3.5 Einblick zum Stand der Notfallvorsorge

Den aktuellen Stand zur Notfallvorsorge in der Wasserversorgung in Deutschland beschreiben Broß u.a. [84]. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die Teilprozesse der Notfallvorsorgeplanung bei den Wasserversorgern und Kommunen unzureichend durchgeführt werden. Die größten Defizite wurden in der Durchführung von Risikoanalysen ermittelt. In den Bereichen der Vorplanung und in der Umsetzung von vorbeugenden Maßnahmen wurden höhere Umsetzungsquoten angegeben.

Gemäß Risikomanagement nach DIN EN 15975-2 [21] und dem Leitfaden zur Sicherheit der Wasserversorgung Teil 1 [1] sollten vor der Umsetzung von Notfallvorsorgemaßnahmen Risikoanalysen durchgeführt werden. Der aktuelle Stand der Notfallvorsorge [84] widerspricht, mit der höheren Umsetzungsquote bei den vorbeugenden Maßnahmen, der logischen Reihenfolge des Risikomanagements. Erfahrungen aus der Umsetzung von Risikoanalysen in Leipzig [85] und Dresden [86] belegen, wie wichtig dieser Arbeitsschritt für die Planung von Notfallmaßnahmen ist. Erst mit den Risikoanalysen konnten die Systemwirkungen relevanter Szenarien, die verbleibenden Ressourcen und effiziente Maßnahmen der Risikovorsorge ermittelt werden.

Auch die Bevölkerung ist auf längere Ausfälle der kritischen Infrastruktur nicht ausreichend vorbereitet, die durchschnittliche private Vorsorge entspricht nicht den Mindestempfehlungen des BBK [79, 87].

4 Diskussion und Ausblick

Im Normalbetrieb bilden die Wassergesetze des Bundes und der Länder eine fundierte und gute Rechtsgrundlage für die Trinkwasserversorgung. Demgegenüber sind die Verantwortlichkeiten, Schutzziele und Maßnahmen bei Beeinträchtigung oder Unterbrechung der Wasserversorgung zum Teil unzureichend geregelt und variieren zwischen den einzelnen Landesgesetzen. Ausschließlich das WasSiG [3] enthält auf Bundesebene Vorgaben für Notfallvorsorgemaßnahmen, dabei wird sich jedoch auf den Verteidigungsfall beschränkt. Eine Erweiterung des Wassersicherstellungsrechts für andere Not- und Krisenfälle könnte einen Beitrag zur Sicherung der öffentlichen Wasserversorgung leisten.

Dies wird auch durch Reinhardt [4] gefordert.

In den Landeswasser-, Brand- und Katastrophenschutzgesetzen sind in zehn Bundesländern konkrete Regelungen enthalten, die einen direkten Bezug zur Sicherung der Wasserversorgung aufweisen. Dabei sind in den Landeswassergesetzen Regelungen zur Verantwortung in Not- und Krisenfällen [42], gebietsübergreifende Betrachtungen [33, 40, 45], eine Berücksichtigung des Klimawandels [39, 42] und weitergehende Anforderungen an den Hochwasserschutz [35, 39] enthalten. Die Brand- und Katastrophenschutzgesetze enthalten Mitwirkungspflichten [48, 55] sowie das Schutzziel: die eigene kritische Infrastruktur beim Ausfall anderer kritischer Infrastruktur weiter zu betreiben [48, 53]. Die Gegenüberstellung der Landeswasser-, Brand- und Katastrophenschutzgesetze (**Tabelle 2**) zeigt die Inhalte zur Sicherung der Wasserversorgung und Regelungslücken. Die vorhandenen Möglichkeiten zur Kapazitätserhöhung (§ 8 Abs. 1 WHG [11]) sowie die Möglichkeiten zur Begrenzung des Wasserbedarfs (wasserrechtlicher Vollzug) können einen Beitrag zur Resilienz der Wasserversorgung leisten. So könnten beispielsweise in Trockenperioden die Gartenbewässerung, die Befüllung von Pools oder auch gewerbliche Wassernutzungen untersagt und damit eine Ersatzwasserversorgung abgesichert werden. Gute Beispiele zur Umsetzung dieser Forderung finden sich in vereinzelt Gefahrenabwehrverordnungen hessischer Städte [81–83].

Der hohe Nutzen der leitungsgebundenen Ersatzwasserversorgung wird durch die Umsetzung von Risikoanalysen verdeutlicht. Gleichzeitig kann durch eine leitungsgebundene Versorgung die Abwasserentsorgung und das Gesundheitswesen aufrechterhalten werden. Die technischen Möglichkeiten werden durch Risikoanalysen aufgezeigt. Auf der Grundlage von Risikoanalysen lassen sich effiziente Maßnahmen zur Härtung der öffentlichen Wasserversorgung planen und umsetzen [85, 86]. Das Ergebnis der Umfrage durch Broß u.a. [84] zeigt, dass in der Umsetzung von organisationsinternen Risikoanalysen der größte Handlungsbedarf besteht. Aufgrund des hohen Nutzens der Risikoanalysen, sollte auch eine verpflichtende Umsetzung der Trinkwasserversorger diskutiert werden.

Die Herausforderungen zur Absicherung der Notwasserversorgung sind komplex. Inwieweit die Kommunen hinsichtlich Infrastruktur, Personal und Logistik auf diese Verantwortlichkeit vorbereitet sind, bleibt offen.

Mit Verweis auf die Novelle der TrinkwV darf erwartet werden, dass der risikobasierte Ansatz in die nationale Gesetzgebung stärkeren Eingang findet.

Literaturverzeichnis

- [1] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe: Sicherheit der Trinkwasserversorgung Teil 1: Risikoanalyse. Jan. 2016. Hrsg. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, Bonn.
- [2] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): BBK-Glossar, aufgerufen am 03.10.2022, https://www.bbk.bund.de/DE/Infotek/Glossar/glossar_node.html
- [3] Wassersicherstellungsgesetz vom 24. August 1965 (BGBl. I S. 1225, 1817),

- das zuletzt durch Artikel 251 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.
- [4] Reinhardt, M.: Sicherstellung der öffentlichen Wasserversorgung im Notfall. Zeitschrift für Rechtspolitik (ZRP), 53. Jahrgang 2020, S. 119–123.
 - [5] Kahle, M., Kempf, M., Martin, B., und Glaser, R.: Classifying the 2021, Ahr-tal' flood event using hermeneutic interpretation, natural language processing, and instrumental data analyses. Environmental Research Communications 4(5), doi:10.1088/2515-7620/ac6657.
 - [6] Welt: In Norddeutschland herrscht die größte Dürre seit 15 Jahren, aufgerufen am 13.06.2022, <https://www.welt.de/wirtschaft/article177217410/wasserversorgung-in-deutschland-herrscht-die-groesse-duerre-seit-15-jahren.html>, veröffentlicht 08.06.2018.
 - [7] Lippe-News: Hitze und Trockenheit – Kreis Lippe ruft zu sorgsamem Umgang mit Trinkwasser auf, aufgerufen am 13.06.2022, <https://www.lippe-news.de/2018/08/02/hitze-und-trockenheit-kreis-lippe-ruft-zu-sorgsamem-umgang-mit-trinkwasser-auf/>, veröffentlicht 02.08.2018.
 - [8] Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Poloczanska, E.S., Mintenbeck, K., Tignor, M., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., Okem, A. (eds.): Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), in: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; März 2022; ISBN 9789291691593.
 - [9] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU): Nationale Wasserstrategie Entwurf des Bundesumweltministeriums; Stand Juni 2021, Hrsg. BMU Arbeitsgruppe WR I 1-w, Bonn.
 - [10] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI): Einschätzung der aktuellen Cyber-Sicherheitslage in Deutschland nach dem russischen Angriff auf die Ukraine. 04.03.2022, Hrsg. BSI, Bonn.
 - [11] Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3901) geändert worden ist.
 - [12] Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 2016 (BGBl. I S. 459), die zuletzt durch Artikel 99 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.
 - [13] Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.
 - [14] Infektionsschutzgesetz vom 20. Juli 2000 (BGBl. I S. 1045), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 27. Juli 2021 (BGBl. I S. 3274) geändert worden ist.
 - [15] Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Wasser vom 20. Juni 1980 (BGBl. I S. 750,1067), die zuletzt durch Artikel 8 der Verordnung vom 11. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2010) geändert worden ist.
 - [16] Erste Wassersicherstellungsverordnung vom 31. März 1970 (BGBl. I S. 357).
 - [17] 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.
 - [18] DIN 2000 Zentrale Trinkwasserversorgung – Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Versorgungsanlagen. Ausg. 02/2017, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
 - [19] DIN 2001-3 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. Ausg. 12/2015, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
 - [20] DIN EN 15975-1 Sicherheit der Trinkwasserversorgung – Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement – Teil 1: Krisenmanagement. Deutsche Fassung, Stand 03/2016, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
 - [21] DIN EN 15975-2 Sicherheit der Trinkwasserversorgung – Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement – Teil 2: Risikomanagement. Deutsche Fassung, Stand 12/2013, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
 - [22] DVGW Merkblatt W 1001: Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Risiko- und Krisenmanagement. Stand 11/2020, WVGW-Verlag, Bonn.
 - [23] DVGW Arbeitsblatt W 1003: Resilienz und Versorgungssicherheit in der öffentlichen Wasserversorgung. Stand 06/2022, WVGW-Verlag, Bonn.
 - [24] DVGW Arbeitsblatt W 1020: Empfehlungen und Hinweise für den Fall von Abweichungen von Anforderungen der Trinkwasserverordnung; Maßnahmeplan und Handlungsplan. Stand 03/2018, WVGW-Verlag, Bonn.
 - [25] DVGW Arbeitsblatt W 1000: Anforderungen an die Qualifikation und die Organisation von Trinkwasserversorgern. Stand 08/2022, WVGW-Verlag, Bonn.
 - [26] DVGW Merkblatt W 1050: Objektschutz von Wasserversorgungsanlagen. Stand 11/2019, WVGW-Verlag, Bonn.
 - [27] DVGW Merkblatt W 1060: IT-Sicherheit – Branchenstandard Wasser/Abwasser. Stand 04/2022, WVGW-Verlag, Bonn.
 - [28] Feuerwehr-Dienstvorschrift 100 (FwDV 100) Führung und Leitung im Einsatz – Führungssystem. Stand 1999, Würzburg: Hrsg. Staatliche Feuerweherschule Würzburg.
 - [29] Broß, L., Wienand, I. und Krause, S.: Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Teil II: Notfallvorsorgeplanung. BBK Fachinformation Praxis im Bevölkerungsschutz. Ausg. 06/2019, Hrsg. BBK, Band 15, im Auftrag des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, Bonn.
 - [30] Wassergesetz für Baden-Württemberg vom 3. Dezember 2013 (GBl. S. 389) letzte berücksichtigte Änderung: § 82 geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 17. Dezember 2020 (GBl. S. 1233, 1248).
 - [31] Bayerisches Wassergesetz (BayWG) vom 25. Februar 2010 (GVBl. S. 66, 130, BayRS753-1-U), das zuletzt durch § 5 Abs. 18 des Gesetzes vom 23. Dezember 2019 (GVBl. S. 737) geändert worden ist.
 - [32] Berliner Wassergesetz in der Fassung vom 17. Juni 2005, letzte berücksichtigte Änderung: Inhaltsverzeichnis und mehrfach geändert, § 16h neu gefasst, Anlage 3 aufgehoben durch Artikel 2 des Gesetzes vom 25.09.2019 (GVBl. S. 612).
 - [33] Brandenburgisches Wassergesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. März 2012 (GVBl./12, [Nr. 20]), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. Dezember 2017 (GVBl./17, [Nr. 28]).
 - [34] Bremisches Wassergesetz (BremWG) vom 12. April 2011 (Brem.GBl. 2011, S. 262), zuletzt geändert durch Artikel 6 Nummer 5 des Gesetzes vom 24. November 2020 (Brem.GBl. S. 1486, 1581).
 - [35] Hamburgisches Katastrophenschutzgesetz (HmbKatSG) vom 16. Januar 1978, zuletzt geändert durch Gesetz vom 24. Januar 2020 (HmbGVBl. S. 90).
 - [36] Hessisches Wassergesetz vom 14. Dezember 2010 (GVBl. I 2010, 548), letzte berücksichtigte Änderung: zuletzt geändert durch Artikel 11 des Gesetzes vom 4. September 2020 (GVBl. S. 573).
 - [37] Wassergesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern (LWaG) vom 30. November 1992 (GVOBl. M-V 1992, 669), zuletzt geändert durch Gesetz vom 8. Juni 2021 (GVOBl. M-V S. 866).
 - [38] Niedersächsisches Wassergesetz (NWG) vom 19. Februar 2010 (Nds. GVBl. 2010, 64), letzte berücksichtigte Änderung: Anlage 2 neu gefasst durch Artikel 10 des Gesetzes vom 10.12.2020 (Nds. GVBl. S. 477).
 - [39] Wassergesetz für das Land Nordrhein-Westfalen in der Fassung der Bekanntmachung vom 25. Juni 1995, zuletzt geändert: § 35 Absatz 2 aufgehoben und Abs. 3 bis 5 umbenannt in Abs. 2 bis 4 durch Art. 1 des Ges. vom 4. Mai 2021 (GV. NRW. S.560, ber. S. 718).
 - [40] Landeswassergesetz Rheinland-Pfalz (LWG) vom 14. Juli 2015 (GVBl. 2015, 127), zuletzt geändert durch Artikel 7 des Gesetzes vom 26.06.2020 (GVBl. S. 287).

- [41] Saarländisches Wassergesetz (SWG) vom 28. Juni 1960 in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. Juli 2004 (Amtsbl. 2004, 1994 Gl. 753-1), zuletzt geändert durch Artikel 6 des Gesetzes vom 13. Februar 2019 (Amtsbl. I S. 324).
- [42] Sächsisches Wassergesetz vom 12. Juli 2013 (SächsGVBl. S. 503), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 8. Juli 2016 (SächsGVBl. S. 287) geändert worden ist.
- [43] Wassergesetz für das Land Sachsen-Anhalt (WG LSA) vom 16. März 2011 (GVBl. LSA 2011, 492 Gl. 753.31) zuletzt geändert durch Artikel 21 des Gesetzes vom 7. Juli 2020 (GVBl. LSA S. 372, 374).
- [44] Landeswassergesetz Schleswig-Holstein (LWG) vom 13. November 2019 (GVOBl. 2019, 425 Gl. 753-8) letzte berücksichtigte Änderung: § 18 geändert (Art. 2 Ges. v. 22.06.2020, GVOBl. S. 352).
- [45] Thüringer Wassergesetz vom 28. Mai 2019 (GVBl. 2019, 74), letzte berücksichtigte Änderung: geändert durch Artikel 17 des Gesetzes vom 11. Juni 2020 (GVBl. S. 277, 285).
- [46] Gesetz über den Katastrophenschutz Baden-Württemberg (LKatSG) in der Fassung vom 22. November 1999 (GBl. 1999, 625 Gl. 2150), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 17. Dezember 2020 (GBl. S. 1268).
- [47] Bayerisches Katastrophenschutzgesetz (BayKSG) vom 24. Juli 1996 (GVBl. S. 282, BayRS 215-4-1-I), das zuletzt durch § 1 Abs. 166 der Verordnung vom 26. März 2019 (GVBl. S. 98) geändert worden ist.
- [48] Gesetz über den Katastrophenschutz im Land Berlin (KatSG) vom 7. Juni 2021 (GVBl. 2021, 610, Gl. 2192-2).
- [49] Gesetz über den Brandschutz, die Hilfeleistung und den Katastrophenschutz des Landes Brandenburg (BbgBKG) vom 24. Mai 2004 (GVBl./04, [Nr. 09], S.197), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 19. Juni 2019 (GVBl./19, [Nr. 43], S.25).
- [50] Bremisches Hilfeleistungsgesetz (BremHilfeG) vom 21.06.2016 (Brem. GBl. 2016, 348, Gl. 2132-a-1), zuletzt geändert durch Gesetz vom 13. Juli 2021 (Brem.GBl. S. 574).
- [51] Hamburgisches Katastrophenschutzgesetz (HmbKatSG) vom 16. Januar 1978, zuletzt geändert durch Gesetz vom 24. Januar 2020 (HmbGVBl. S. 90).
- [52] Hessisches Gesetz über den Brandschutz, die Allgemeine Hilfe und den Katastrophenschutz (HBKG) in der Fassung vom 14. Januar 2014 (GVBl. 2014, 26, Gl. 312-12), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 23. August 2018 (GVBl. S. 374).
- [53] Gesetz über den Katastrophenschutz in Mecklenburg-Vorpommern (LKatSG M-V) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 2016 (GVOBl. M-V 2016, 611, 793, Gl. 215-3), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 27. April 2020 (GVOBl. M-V S. 334, 394).
- [54] Niedersächsisches Katastrophenschutzgesetz (NKatSG) in der Fassung vom 14. Februar 2002 (Nds. GVBl. 2002, 73, Gl. 2110001), zuletzt geändert durch Artikel 9 des Gesetzes vom 15.07.2020 (Nds. GVBl. S. 244).
- [55] Gesetz über den Brandschutz, die Hilfeleistung und den Katastrophenschutz Nordrhein-Westfalen (BKSG) vom 17. Dezember 2015 (GV. NRW. S. 886).
- [56] Landesgesetz über den Brandschutz, die allgemeine Hilfe und den Katastrophenschutz Rheinland-Pfalz (LBKG) vom 2. November 1981 (GVBl. 1981, 247, Gl. 213-50), zuletzt geändert durch Gesetz vom 21.12.2020 (GVBl. S. 747).
- [57] Gesetz über den Brandschutz, die Technische Hilfe und den Katastrophenschutz im Saarland (SBKG) vom 29. November 2006, zuletzt geändert durch Artikel 1 Nr. 1 des Gesetzes vom 11. November 2020 (Amtsbl. I S. 1262).
- [58] Sächsisches Gesetz über den Brandschutz, Rettungsdienst und Katastrophenschutz vom 24. Juni 2004 (SächsGVBl. S. 245, 647), das zuletzt durch das Gesetz vom 25. Juni 2019 (SächsGVBl. S. 521) geändert worden ist.
- [59] Katastrophenschutzgesetz des Landes Sachsen-Anhalt in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. August 2002 (GVBl. LSA 2002, 339, Gl. 2152.1), zuletzt geändert durch Artikel 6 des Gesetzes vom 29. November 2018 (GVBl. LSA S. 406, 408).
- [60] Gesetz über den Katastrophenschutz in Schleswig-Holstein in der Fassung vom 10. Dezember 2000 (GVOBl. 2000, 664, Gl. 215-2), letzte berücksichtigte Änderung: §§ 21 und 23 geändert (Art. 5 Ges. v. 27.05.2021, GVOBl. S. 567).
- [61] Thüringer Gesetz über den Brandschutz, die Allgemeine Hilfe und den Katastrophenschutz in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. Februar 2008 (GVBl. 2008, 22, Gl. 2131-1), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 23. November 2020 (GVBl. S. 559).
- [62] Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst Baden-Württemberg (ÖGDG) vom 17.12.2015. (GBl. 2015, 1210), letzte berücksichtigte Änderung vom 22. Dezember 2021 (GBl. S. 1035).
- [63] Gesundheitsdienst- und Verbraucherschutzgesetz Bayern (GDVG) vom 24. Juli 2003 (GVBl.S. 452, 752, BayRS 2120-1-U/G), das zuletzt durch § 1 des Gesetzes vom 24. Juli 2020 (GVBl. S. 370) geändert worden ist.
- [64] Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst Berlin (GDG) vom 25.02.2006 (GVBl. 2006, 450), letzte berücksichtigte Änderung vom 12.10.2020 (GVBl. S. 807).
- [65] Gesetz über den Öffentlichen Gesundheitsdienst im Land Brandenburg (BbgGDG) vom 23. April 2008 (GVBl./08, [Nr. 05], S.95), zuletzt geändert durch Artikel 13 des Gesetzes vom 25. Januar 2016 (GVBl./16, [Nr. 5]).
- [66] Gesetz über den Öffentlichen Gesundheitsdienst im Lande Bremen (ÖGDG) vom 27. März 1995 (Brem.GBl. 1995, S. 175, 366), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 13. Juli 2021 (Brem.GBl. S. 577).
- [67] Gesetz über den Öffentlichen Gesundheitsdienst in Hamburg (HmbGDG) vom 18.07.2001 (HmbGVBl. 2001, 201), letzte berücksichtigte Änderung vom 17. April 2018 (HmbGVBl. S. 103, 106).
- [68] Hessisches Gesetz über den Brandschutz, die Allgemeine Hilfe und den Katastrophenschutz (HBKG) in der Fassung vom 14. Januar 2014 (GVBl. 2014, 26, Gl. 312-12), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 23. August 2018 (GVBl. S. 374).
- [69] Gesetz über den Öffentlichen Gesundheitsdienst im Land Mecklenburg-Vorpommern (ÖGDG M-V) vom 19.07.1994 (GVOBl. M-V 1994, 747), letzte berücksichtigte Änderung vom 26. Juni 2021 (GVOBl. M-V S. 1036, 1038).
- [70] Gesetz zur Ausführung des Infektionsschutzgesetzes im Land Mecklenburg-Vorpommern (IfsAG M-V) vom 03.07.2006, letzte berücksichtigte Änderung vom 26.06.2021 (GVOBl. M-V S. 1036, ber S. 1071).
- [71] Niedersächsisches Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst (NGöGD) vom 24.03.2006 (Nds. GVBl. 2006, 178) letzte berücksichtigte Änderung vom 16.03.2021 (Nds. GVBl. S. 133).
- [72] Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst des Landes Nordrhein-Westfalen (ÖGDG NRW) vom 25. November 1997 (GV. NW. 1997 S. 430), letzte berücksichtigte Änderung vom 19. Dezember 2019 (GV. NRW. S. 1032).
- [73] Landesgesetz Rheinland-Pfalz über den öffentlichen Gesundheitsdienst (ÖGDG) vom 17.11.1995 (GVBl. 1995, 485), letzte berücksichtigte Änderung vom 12.02.2019 (GVBl. S. 5).
- [74] Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst Saarland (ÖGDG-SL) vom 19.05.1999 (Amtsblatt 1999, 844), letzte berücksichtigte Änderung vom 22.08.2018 (Amtsbl. I S. 674).
- [75] Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst im Freistaat Sachsen (SächsGDG) vom 11. Dezember 1991 (SächsGVBl. S. 413), das zuletzt durch Artikel 14 des Gesetzes vom 26. April 2018 (SächsGVBl. S. 198) geändert worden ist.
- [76] Gesetz über den Öffentlichen Gesundheitsdienst und die Berufsausübung im Gesundheitswesen im Land Sachsen-Anhalt vom 21.11.1997 (GVBl. LSA 1997, 1023), letzte berücksichtigte Änderung vom 08.03.2021 (GVBl. LSA S. 94, 95).
- [77] Gesetz über den Öffentlichen Gesundheitsdienst Schleswig-Holstein (GDG-SH) vom 14.12.2001 (GVOBl. 2001 398), letzte berücksichtigte Änderung vom 02.05.2018 (GVOBl. S. 162).

- [78] Verordnung über den öffentlichen Gesundheitsdienst und die Aufgaben der Gesundheitsämter in den Landkreisen und kreisfreien Städten Thüringen vom 08.08.1990 (GBl. I Nr. 53 S. 1068) in der Fassung vom 02.10.1998.
- [79] Konzeption Zivile Verteidigung (KZV). Aug. 2016. Hrsg. Bundesministerium des Innern, Berlin.
- [80] Störfalldokumentation der Trinkwasserversorgung durch die SOWAG der Jahre 2009-2018. Hrsg. SOWAG mbH, Zittau.
- [81] Stadt Steinbach: Gefahrenabwehrverordnung für die Einschränkung des Trinkwasserverbrauches bei Notständen in der Wasserversorgung der Stadt Steinbach (Taunus) (GefahrenabwehrVO bei Wassernotstand) vom 09.12.2019. Hrsg. Stadt Steinbach
- [82] Stadt Taunusstein: Gefahrenabwehrverordnung der Stadt Taunusstein über die Einschränkungen des Verbrauchs von Trink- und Brauchwasser bei Notständen der Wasserversorgung vom 27.08.2020. Hrsg. Stadt Taunusstein
- [83] Stadt Wiesbaden: Gefahrenabwehrverordnung für die Landeshauptstadt Wiesbaden über die Einschränkung des Verbrauchs an Trinkwasser während Notständen in der Wasserversorgung vom 03.06.1991. Hrsg. Stadt Wiesbaden
- [84] Broß, L.; Wienand, I. und Krause, S.: Stand der Notfallvorsorgeplanung in der Wasserversorgung in Deutschland. gwf-Wasser/Abwasser 09/2020, S. 40–51.
- [85] Hüttner, D., Winkler, U.: Praktische Erfahrungen bei der Durchführung einer Risikoanalyse der öffentlichen Wasserversorgung für die Stadt Leipzig. Sonderdruck gwf-Wasser/Abwasser 01/2020, S. 1–5
- [86] Hüttner, D., Kalfhaus, B., Opitz, R., Mucha, M. und Wienand, I.: Risikoanalyse der öffentlichen Wasserversorgung Methoden und Erkenntnisse aus Dresden und Leipzig. BBK Bevölkerungsschutz 3/2018, S. 12–17.
- [87] Fekete, A., Neisser, F., Tzavella, K. und Hetkämper, C.: Wege zu einem Mindestversorgungskonzept. Kritische Infrastrukturen und Resilienz, 05/2019, Hrsg.: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Köln, ISBN 978-3946573142.

Autoren:

Dipl.-Ing. (FH) Felix Heumer
(Korrespondenz-Autor)

SOWAG mbH Zittau
Äußere Weberstraße 43
02763 Zittau
Felix.Heumer@SOWAG.de

Prof. Dr.-Ing. habil. Jens Tränckner

Universität Rostock
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
Justus-von-Liebig-Weg 6
18059 Rostock
jens.tranckner@uni-rostock.de

Prof. Dr.-Ing. Thomas Grischek

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Lehrgebiet Wasserwesen
Friedrich-List-Platz 1
01069 Dresden
thomas.grischek@htw-dresden.de

Sicherheit der Wasserversorgung – Priorisierung von Gefährdungen der Trinkwasserversorgung im Rahmen der Risikoanalyse

Felix Heumer, Thomas Grischek, Jens Tränckner

Eingereicht am: 14.10.2022

Begutachtet im Peer-Review-Verfahren: 30.11.2022

Veröffentlicht: GWF-Wasser Abwasser 03-2023, S. 63-75

Risikomanagement, Risikoanalyse, Gefahrenanalyse, Notfallvorsorge

Wasserversorgungsunternehmen sind in ihrem Betrieb und der Erfüllung ihrer Aufgaben einer Reihe potenzieller Gefährdungen ausgesetzt. So resultierten aus SARS-CoV-2-Infektionen personelle Engpässe, die Wahrscheinlichkeit von Cyberangriffen und hydrologischen Extremereignissen ist deutlich gestiegen und in vielen Gebieten ist zukünftig mit mehrperiodischen Dürren infolge des Klimawandels zu rechnen. Im vorliegenden Beitrag wird ein Werkzeug zur semi-quantitativen Priorisierung von Gefährdungen als elementarer Arbeitsschritt einer Risikoanalyse vorgestellt und am Fallbeispiel erprobt. Im Ergebnis werden prioritäre Gefährdungen ermittelt und Szenarien für weitere Arbeitsschritte abgeleitet. Außerdem wird eine Liste zum Mindestumfang der Gefahrenanalyse für öffentliche Wasserversorger vorgeschlagen.

Water supply safety – Prioritization of hazards to drinking water supply

Water utilities face numerous potential threats in their operation and in fulfilling their tasks. Staff shortages were caused by SARS-CoV-2 infections, probabilities of cyberattacks and extreme hydrologic events have increased significantly, and many areas are expected to experience multi-period droughts in the future as a result of climate change. In this paper, a tool for semi-quantitative prioritization of hazards as a fundamental work step of a risk analysis is presented and tested on a case study. As a result, priority hazards are identified and scenarios for further work steps are derived. Furthermore, a list of the minimum level of hazard analysis activities for public water utilities is proposed.

1 Einleitung

Die vergangenen Extremereignisse haben gezeigt, dass die Wasserversorgung durch eine Reihe von Gefahren beeinträchtigt sein kann. Die Corona-Pandemie stellte die Wasserversorgungsunternehmen (WVU) insbesondere vor personelle Herausforderungen, wobei die Versorgung mit Trinkwasser sichergestellt werden konnte [1–3]. Eine Verbreitung des Coronavirus SARS-CoV-2 über das Trinkwasser wurde als unwahrscheinlich eingestuft [4, 5]. Im Kontext der betrieblichen Pandemieplanung waren eine Reihe von nationalen [6–8] und internationalen [9–11] Regelungen zur Bewältigung umzusetzen.

Im Ahrtal wurden 2021 ganze Infrastrukturbereiche durch die Flutkatastrophe zerstört [12]. Mit einer Zunahme derartiger Extremwetterlagen ist infolge des Klimawandels zu rechnen [13].

Eine neue Bedrohungslage ergibt sich durch militärische Konflikte. Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI)

und andere [14, 15] rechnen mit vermehrten Cyberangriffen, in deren Folge es auch zum Ausfall von Kritischer Infrastrukturen kommen kann. Weiterhin können Lieferketten beeinträchtigt werden und somit kann es zu Lieferengpässen z. B. für Maschinen, Betriebs- und Hilfsstoffen oder der Erdgasversorgung kommen. Zur Bewältigung von Krisen und Katastrophen benötigt die Wasserversorgung ein Risiko- und Krisenmanagement. Als methodischer Ansatz wurde der Water Safety Plan der Weltgesundheitsorganisation (WHO) [16] mit den Normen DIN EN 15975-1 [17] und DIN EN 15975-2 [18] ins europäische Regelwerk überführt. Ergänzend zu den Normen werden vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) zwei Fachinformationen zur Sicherheit der Trinkwasserversorgung empfehlend bereitgestellt [19, 20].

Den Stand der Notfallvorsorgeplanung in der Wasserversorgung in Deutschland beschreiben Broß et al. [21]. Sie machen deutlich,



Quelle: AdobeStock/Heinz

Bild 1: Die Hochwasserkatastrophe im Ahrtal in 2021 führte zu massiven infrastrukturellen Schäden.

dass die größten Defizite in der Umsetzung des Risikomanagements im Bereich der Risikoanalyse liegen.

Die Gefahrenanalyse ist neben der Systembeschreibung der erste Arbeitsschritt einer Risikoanalyse [18, 19]. Mit der Gefahrenanalyse sollen relevante Gefahren herausgearbeitet und der Umfang nachfolgender Arbeitsschritte reduziert werden. Die Gefahrenanalyse sollte grundsätzlich eine Priorisierung und Ableitung von Maßnahmen ermöglichen. Die Eignung der vorhandenen Instrumente [18, 19] ist zu analysieren. Es ist zudem zu prüfen, ob eine quantitative Bewertung der Gefahren zu einer verbesserten Priorisierung der Gefahren beitragen kann. Die Begriffsdefinitionen des nachfolgenden Berichts richten sich nach dem Glossar des BBK [22].

2 Stand des Wissens und Zielstellung

2.1 Potenzielle Gefahren

Das Gesamtspektrum der Gefahren beschreibt das Bundesministerium des Inneren (BMI) [23] mit dem All-Gefahren-Ansatz. Dieser Ansatz ist für alle Kritischen Infrastrukturen maßgebend und bildet eine grundsätzliche Zusammenstellung möglicher Gefährdungen. Resultierende Schäden sind z. B.:

- Verknappung der Wasserressourcen,
- Qualitätsbeeinträchtigungen,
- Ausfall von einzelnen Komponenten oder des gesamten Versorgungssystems.

In der Folge kann es zu einer Einschränkung oder Unterbrechung der Wasserversorgung kommen. Grundsätzlich lassen sich die Gefahren nach [23] in drei Hauptgruppen einteilen:

- (1) Naturgefahren,
- (2) technische Störungen und menschliches Versagen sowie
- (3) Anschläge, Sabotage und kriegsrechtliche Handlungen.

Bisher nicht betrachtet werden betriebswirtschaftliche Gefährdungen [23]. Im Dokument „Road map to a secure and resilient water sector“ [24] werden gegenüber [23], ökonomische Risiken für den Wasserversorger durch Versorgungsunterbrechungen beschrieben, wie z. B. Strafzahlungen an Industriebetriebe.

Die Wirkungen und Eintrittswahrscheinlichkeiten von **(1) Naturgefahren** lassen sich auf der Grundlage historischer Ereignisse und bekannter naturwissenschaftlicher Datengrundlagen beurteilen und prognostizieren. Die größte aktuelle Herausforderung ergibt sich aus den Projektionen des Klimawandels. Der erwartete Temperaturanstieg führt zu steigenden Verdunstungsraten und geändertem Niederschlagsverhalten. Es muss mit einer Zunahme von Extremwittersituationen gerechnet werden. Neben Trockenperioden ist auch mit häufigeren Hochwässern und Starkniederschlägen [13, 25–27] zu rechnen. Die Auswirkungen von hydrologischen Extremereignissen auf die Wasserwirtschaft lassen sich jetzt schon mit vielen Beispielen belegen. So kam es 2002 zur Überflutung der Wasserwerke in Dresden [28], 2010 wurden Teile des Wasserwerkes Görlitz überflutet [29] und 2021 wurden im Ahrtal ganze Infrastrukturbereiche durch Hochwasser zerstört [12]

(Bild 1). 2018 wurden mehrere Wasserversorger durch eine langanhaltende Trockenperiode in Deutschland beeinträchtigt [30–32] und 2022 gab es in Norditalien die schlimmste Trockenperiode seit 70 Jahren [33]. Des Weiteren können auch lokale Ereignisse, wie z. B. starke Gewitter oder Stürme, zum Ausfall von Wasserversorgungsanlagen führen. Diese Ereignisse betreffen meist nur vereinzelte Anlagen oder Anlagenteile. Auch Pandemien und Epidemien zählen zu den natürlichen Gefahrenquellen [19]. So führte die aktuelle Corona-Pandemie zu personellen Engpässen beim Betrieb der Trinkwasserversorgungsanlagen [1–3].

Bei **(2) technischen Störungen** fokussieren die Betreiber der wasserwirtschaftlichen Anlagen zuerst den Ausfall ihrer betriebseigenen Anlagenteile wie Brunnen, Wasserwerke, Pumpstationen, Wasserspeicher oder das Verteilungsnetz. Meist betreffen derartige Störungen aber nur einzelne Anlagenkomponenten. Komplizierter wird es, wenn die Störung nicht direkt durch die betriebseigenen Anlagen ausgelöst wird. So ist die Wasserversorgung z. B. von der Stromversorgung abhängig, die für den Betrieb der Anlagen benötigt wird. Laut BBK [34] zählt die Stromversorgung in Deutschland zu den sichersten in Europa. Dennoch gibt es auch in Deutschland Beispiele mit flächendeckenden Stromausfällen. So waren im Winter 1978/79 ganze Regionen in Deutschland von der Stromversorgung abgeschnitten [34], beim Wintereinbruch 2005 waren tagelange Stromausfälle im Münsterland zu verzeichnen [34] und 2019 waren zwei Tage lang ca. 30.000 Einwohner in Berlin ohne Stromversorgung [35].

Das BBK [19] beschreibt weitere Ereignisse, die zu massiven Beeinträchtigungen der Wasserversorgung führen können: Betriebs- und Transportunfälle mit wassergefährdenden Stoffen, Industrieunfälle, Großbrände, Nuklearunfälle und Staumauer Schäden. Insbesondere für Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen lassen sich Beispiele mit Beeinträchtigung der Wasserqualität finden. So kam es 2013 in Bornheim zu einer Überdosierung von Natronlauge mit einer Verletzung von Trinkwasserverbrauchern [36] und in Düsseldorf zu einer Kontamination des Trinkwassers durch ein Kanalreinigungsfahrzeug [37]. Allgemein lässt sich feststellen [19], dass Ereignisse mit größeren Auswirkungen eine geringere Eintrittswahrscheinlichkeit aufweisen. Zudem kann der Wasserversorger derartige Katastrophen nicht allein bewältigen und benötigt die Unterstützung der Behörden. Zur Reduzierung von technischen Störungen und Fehlbedienungen ist neben einer ordnungsgemäßen Instandhaltung auch die personelle Besetzung beim Wasserversorger von Bedeutung.

Neben **kriegerischen Ereignissen (3)**, wie z. B. Bombenabwurf oder Terrorakte, sind Sabotagen und Anschläge auf die Wasserwirtschaft möglich. Das BBK [19] zeigt einige Vorfälle an Beispielen: so plante Ende der Siebziger die Rote-Armee-Fraktion die Wasserversorgung von 20 deutschen Städten zu verseuchen; 2003 wurde die Vergiftung der Stadt Einbeck angeordnet und 2005 wurden vier Behälter mit dem Pflanzenschutzmittel Atrazin in der Nähe der Rohwasserfassung im Bodensee eingebracht. Zunehmend stehen Cyberangriffe im Fokus als Gefahr für die Wasserversorgung [14–15]. Laut BBK [19] besitzen die meisten großen WVU eigene Netzwerke und erschweren so den Zugriff von außen. Außerdem ist seit 2015 das IT-Sicherheitsgesetz in Kraft getreten, nach dem die deutschen IT-Systeme, vor allem im Bereich der Kritischen Infrastruktur, gegenüber Cyberangriffen abgesichert werden müssen [39]. Zur Sa-

botage zählen auch Vandalismus, Einbruch und Diebstahl. Zur Risikobeurteilung des Objektschutzes existiert das Merkblatt DVGW W 1050 [40].

2.2 Instrumente der Gefahrenanalyse

Die Durchführung der Gefahrenanalyse als Aufgabe der Risikoanalyse wird in der DIN EN 15975-2 [18] und im BBK-Leitfaden für Sicherheit der Trinkwasserversorgung Teil 1 [19] dargestellt. Die Anforderungen aus den beiden Dokumenten können wie folgt zusammengefasst werden:

- systematische Erfassung von Gefahren,
- Einbeziehung von Erfahrungswerten und historischen Ereignissen,
- Abschätzung von potenziellen Gefahren,
- Abschätzung der Auswirkungen auf die Prozesse und die Beteiligten,
- Priorisierung der Gefahren.

Zur Durchführung der Gefahrenanalyse beinhaltet der BBK-Leitfaden [19] einen Fragebogen. Der Fragebogen enthält eine Gefahrenliste inklusive einer vierstufigen Einteilung der Gefahren nach Eintrittswahrscheinlichkeit und Größe der Gefahr. Eine Bewertung der Gefahren auf der Grundlage eines quantitativen Ansatzes ist im Leitfaden nicht enthalten.

Halbquantitative Ansätze zur Priorisierung von Gefahren werden von Bartram et al. [41], im „Water Safety Plan Manual Step-by-step Risk Management for Drinking-water Suppliers“ und von Abuzerr et al. [42] am Beispiel der Gefährdung von Trinkwasserquellen im Gazastreifen beschrieben. Im Ergebnis dieser Verfahren entsteht eine mit Zahlen belegte Priorisierung unter Nutzung einfacher mathematischer Verfahren.

Methoden der multikriteriellen Entscheidungsfindung werden im „Handbook on Constructing Composite Indicators“ [43] als grundsätzliche Arbeitsweise und von Terekhanova et al. [44] zur Gebietspriorisierung von Wasserversorgungssystemen als Vorstufe einer Risikoanalyse dargestellt. Diese Methoden sind komplex und erfordern die Einbeziehung mehrerer Einflussfaktoren und kausaler Wirkungsketten.

2.3 Zielstellung

Aus den vorgenannten Darstellungen wird deutlich, dass das Gefahrenspektrum sehr umfassend und für jeden Standort individuell zu beurteilen ist. Die vorhandenen Instrumente der Gefahrenanalyse [18, 19] sind weiterzuentwickeln. Dabei sollen die grundsätzlichen Anforderungen aus [18, 19] beibehalten werden. Durch ein Beurteilungssystem soll eine differenzierte Auswertung ermöglicht werden, dabei soll eine mengenmäßige Zuordnung der Relevanz für jede Gefahr erfolgen. Da aber auch eine quantitative Priorisierung nur begrenzt möglich ist, wurde ein halbquantitativer Ansatz in Anlehnung an [41, 42] gewählt. Als Ergebnis wurde eine fachlich begründete Priorisierung der Gefahren erwartet. Die Methodik zur Entwicklung des Beurteilungssystems wird in den nächsten Kapiteln beschrieben.

3 Methodik der Gefahrenanalyse

3.1 Erarbeitung der Gefahrenliste

Die systematische Erfassung der Gefahren sollte auf Basis von be-

Tabelle 1: Mustertabelle Gefahrenanalyse

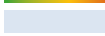
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
Gefahren			Quelle			Ursache			Verantwortl.			Betroffenheit							Relevanz	
Kategorie	Nr.	Gefahrenquelle	Leitfaden Sicherheit der Trinkwasserversorgung [19]	Schutz Kritischer Infrastrukturen [45]	DVGW W 1001-B1[46]	Störfalldokumentation des WWU [30]	Intern	Extern	Exposition im VG	Wasserversorger	Land / Kommune	Bund	Anlagen, Bauwerke	Verteilungsnetz	Personal	Region	Gefahrenausmaß (MVV der Betroffenheit)	Eintrittswahrscheinlichkeit	Relevanz (Produkt aus Gefahrenausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit)	Bewertung zur Szenarioauswahl, Bemerkungen
N	1	Gefahr 1	x	x	x			x	x	●			1	1	1	1	1,0	2	2,0	
T	2	Gefahr 2		x				x	x	●	●	●	3	3	3	3	3,0	2	6,0	Szenario ablehnen
A	3	Gefahr 3				x	x		x	●			1	1	2	3	1,8	2	3,5	

N= Naturgefahren, T= technische Störungen/ menschliches Versagen, A= Anschläge, Sabotage, kriegsgerische Handl.

Einstufung der Betroffenheit: 1- nicht relevant, 2- punktuelle Betroffenheit, 3- flächendeckende Betroffenheit

Einstufung der Eintrittswahrscheinlichkeit: 1- niedrige, 2- mittlere, 3- hohe Eintrittswahrscheinlichkeit

Einstufung der Relevanz:  von niedrig bis hoch

Bewertung der Szenarioauswahl:  Szenario sollte genauer untersucht werden

kannten und potenziellen Gefährdungen erfolgen. Zur Auflistung der Gefahren wurden die Dokumente Fachinformation zur Sicherheit der Trinkwasserversorgung [19], das Konzept zum Schutz Kritischer Infrastrukturen [45], das Beiblatt DVGW W 1001-B1 [46] und die Störfalldokumentation des Wasserversorgers [30] genutzt. Die Liste der Gefahren kann im Bedarfsfall erweitert werden (**Tabelle 1**, Spalte A-G).

Die Gefahren wurden nach dem All-Gefahren-Ansatz [23] eingeteilt. In der Summe wurden 18 Naturgefahren, 30 technische Gefahren und zehn Gefahren durch Anschläge, Sabotage oder kriegsgerische Handlungen identifiziert (**Tabelle 1**, Spalte A-C).

Anschließend erfolgte eine Einteilung zur Ursache (intern oder extern) und Exposition der Gefährdung in Bezug auf das Untersuchungsgebiet (**Tabelle 1**, Spalte H-J). Gefährdungen, die keine Exposition auswiesen, wurden nicht weiter betrachtet.

Weiterhin erfolgte eine Einteilung nach Verantwortungsbereichen nach [19, 21]. So wurde jede Einzelgefahr dem Wasserversorger (Normalbetrieb), dem Land / dem Landkreis / der Kommune (Krisen- und Katastrophenschutz) und / oder dem Bund (Wassersicherstellung im Verteidigungsfall) zugeordnet (**Tabelle 1**, Spalte K-M).

3.2 Priorisierung der Gefahren

Die Betroffenheit wurde durch eine Bewertung der Auswirkungen auf die Bauwerke und Anlagen, das Verteilungsnetz, das Betriebspersonal und die Region abgebildet (**Tabelle 1**, Spalte N-Q). Die regionale Betroffenheit stellt die indirekte Verfügbarkeit von Personal des eigenen und benachbarter WWU sowie Hilfsorganisationen dar. Bei flächenwirksamen Ereignissen ist davon auszugehen, dass auch private Haushalte oder andere Kritische Infrastruktur betroffen sind. Dies beeinflusst die Verfügbarkeit von Personal, die Kapazität von Hilfsorganisationen und den zu erwartenden Wasserbedarf. So ist z. B. bei einer technischen Störung des WWU die regionale Betroffenheit sehr gering, bei einem Hochwasser mindestens mit einer gebietsabhängigen Betroffenheit zu rechnen und bei einem flächendeckenden Stromausfall die gesamte Region betroffen.

Die Einstufung der Betroffenheit erfolgte durch folgende Kriterien:

- 1 – nicht betroffen,
- 2 – punktuell betroffen,
- 3 – flächendeckend betroffen.

Das Gefahrenausmaß stellt den Mittelwert der Betroffenheit dar (**Tabelle 1**, Spalte R). Die Eintrittswahrscheinlichkeit wurde in folgende Stufen eingeteilt (**Tabelle 1**, Spalte S):

- 1 – niedrig (alle > 1.000 a),
- 2 – mittel (alle 101– 1.000 a),
- 3 – hoch (alle 0 – 100 a).

Die Einteilung der Eintrittswahrscheinlichkeit erfolgte in Anlehnung an die Fachinformation zur Sicherheit der Trinkwasserversorgung [19], die fünfstufige Einteilung wurde zur Vereinfachung auf drei Stufen reduziert.

Zur Einschätzung der Betroffenheit und Eintrittswahrscheinlichkeit wurden für jede Gefahr Literaturrecherchen durchgeführt, bereitgestellte Daten von Behörden oder Versicherern genutzt, Hinweise aus dem technischen Regelwerk aufgenommen, Betriebserfahrungen ausgewertet, Experten befragt und / oder lokale Medienberichte genutzt (Bewertung **Tabelle 1**, Spalte N-Q, S). Die grundlegend verwendeten Quellen werden nachfolgend kurz beschrieben:

- Daten von Behörden oder Versicherern: insbesondere für Naturgefahren existieren eine Reihe von Extremwertstatistiken so z. B. Hochwassergefahrenkarten der Landesämter, Beurteilung der Auswirkungen der Klimaprojektionen durch die Länder oder Gefahreneinstufungen durch den Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) für Sturm und Überspannungsschäden.
- Technisches Regelwerk: die a.a.R.d.T in der Wasserversorgung werden durch den Deutschen Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. (DVGW) beschrieben, bei Einhaltung der Vorschriften kann auch von einer geringeren Betroffenheit und Eintrittswahrscheinlichkeit ausgegangen werden.
- Betriebserfahrungen: insbesondere die Dokumentation von Störfällen zeigt Schwachstellen der vorhandenen Systeme auf, so können Rückschlüsse auf die Betroffenheit und Eintrittswahrscheinlichkeiten für Störfallarten abgeleitet werden. In dem Fallbeispiel (Kap. 4) konnten so Störungen der vergangenen 13 Jahre ausgewertet werden.
- Experten: durch die Einstufung der Gefahren von mehreren Experten kann die Subjektivität verringert werden. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn keine oder nur eine geringe Datengrundlage zur Beurteilung der Gefahr vorliegt, wie z. B. die Beurteilung der Eintrittswahrscheinlichkeit von Stromausfällen

Die Relevanz der Gefährdung wurde als Produkt des Gefahrenausmaßes und der Eintrittswahrscheinlichkeit ermittelt (Gleichung 1). Hohe Zahlen weisen dabei auf eine höhere Relevanz hin (**Tabelle 1**, Spalte T). Zusätzliche Bemerkungen wurden in der **Tabelle 1** Spalte U dokumentiert.

$$R = E \cdot G = E \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n B_i$$

R – Relevanz

E – Eintrittswahrscheinlichkeit (1...3)

G – Gefahrenausmaß

B_i – Betroffenheit (i = 1...n)

Als Grundlage für den anschließenden Arbeitsschritt Szenario-identifikation wurde eine Liste mit prioritären Gefahren erarbei-



Bild 2: Übersicht Versorgungsgebiet [47]

tet. Die prioritären Gefährdungen wurden anschließend zu einer möglichst geringen Anzahl an Szenarien zusammengefasst. Die Vorgehensweise wird nachfolgend am Fallbeispiel erläutert.

4. Fallbeispiel

4.1 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das Unternehmen Süd-Oberlausitzer Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsgesellschaft mbH (SOWAG) befindet sich in der Oberlausitz (**Bild 2**) und versorgt ca. 75.000 Menschen mit Trinkwasser. Das Versorgungsgebiet hat einen ländlichen Charakter und ist in 21 Unterversorgungsgebiete unterteilt. Der Anschlussgrad an die öffentliche Wasserversorgung beträgt 99,5 %. Zur Herstellung und Verteilung des Trinkwassers werden 17 Wasserwerke, 40 Pumpwerke, 62 Trinkwasserspeicher und 1.035 km Trinkwasserversorgungsleitungen betrieben. Jährlich werden ca. 2,7 Mio. m³/a Grundwasser zur Trinkwasserversorgung selbst gefördert und 1,1 Mio. m³/a über die Fernwasserversorgung bezogen.

4.2 Ergebnisse der Gefahrenanalyse

4.2.1 Naturgefahren

Zur Beurteilung der Gefahr durch Hochwasser und Starkregen existiert beim Wasserversorger eine Gefährdungsbeurteilung [48] nach dem Merkblatt DWA-M 103 [49]. Im Regelwerk des DVGW sind keine analogen Bewertungskriterien zum Hochwasserschutz enthalten. Die Auswertung der Hochwassergefahrenkarten zeigen bei einem 500-jährigen Ereignis (Extremereignis) nur geringe Beeinträchtigungen der Trinkwasseranlagen [47]. Vorhersagen darüber hinaus sind nicht vorhanden.

Die Bewertung der Starkniederschläge und Sturzfluten erfolgten auf Basis vergangener Störungen. Als Beispiel im Untersuchungsgebiet benennt das Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) den Ort Spitzkunnersdorf (2017) [27]. Die Un-

Tabelle 2: Beurteilung der Naturgefahren

Nr.	Gefahrenquelle	Quelle				Ursache		Verantwortl.			Betroffenheit						Relevanz	
		Leitfaden Sicherheit der Trinkwasserversorgung [19]	Schutz Kritischer Infrastrukturen [45]	DVGW W 1001-B1[46]	Störfalldokumentation des WVU [30]	Intern	Extern	Exposition im VG	Wasserversorger	Land / Kommune	Bund	Anlagen, Bauwerke	Verteilungsnetz	Personal	Region	Gefahrenausmaß (MVV der Betroffenheit)	Eintrittswahrscheinlichkeit	Relevanz (Produkt aus Gefahrenausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit)
N-1	Hochwasser < HQ 100	x	x	x			x	x	●			1	1	1	1	1	3	3
N-2	Hochwasser > HQ 100	x	x	x			x	x	●	●	●	1	1	2	2	1,5	2	3
N-3	Starkniederschlag	x	x		x		x	x	●			2	2	2	2	2	2	4
N-4	Sturzflut		x				x	x	●	●		2	2	2	2	2	2	4
N-5	Trübung, bakteriologische Beanstandung				x	x	x	x	●			2	2	1	2	1,75	3	5,25
N-6	Hitze	x	x				x	x	●			1	1	2	3	1,75	3	5,25
N-7	Trockenheit	x	x		x		x	x	●	●	●	3	3	3	3	3	3	9
N-8	Kälte	x	x	x	x		x	x	●			2	2	2	2	2	2	4
N-9	Schneefall	x	x				x	x	●	●		2	1	2	2	1,75	2	3,5
N-10	Sturm, Tornado, Unwetter	x	x		x		x	x	●	●		2	1	2	2	1,75	3	5,25
N-11	Erdbeben	x	x	x			x											
N-12	Erdbeben	x	x	x			x	x	●	●		2	1	1	1	1,25	1	1,25
N-13	Erdbeben	x	x				x											
N-14	Groß- und Flächenbrand	x	x				x	x	●	●		2	1	2	2	1,75	2	3,5
N-15	Epidemie, Pandemie	x	x				x	x	●	●	●	1	2	3	3	2,25	2	4,5
N-16	Kontamination des Bodens		x	x			x	x	●			2	2	1	1	1,5	2	3
N-17	Meteoriten und Kometen		x				x	x		●	●	3	3	3	3	3	1	3
N-18	Sonnensturm		x				x	x		●	●	3	1	3	3	2,5	1	2,5

tersuchung entspricht einer vereinfachten Gefährdungsabschätzung nach dem Leitfaden „Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge“ [50]. Detailliertere Ergebnisse liefern topografische Gefährdungsanalysen oder hydraulische Analysen durch Überflutungssimulation [50].

Zusätzliche Informationen können dem Merkblatt DWA-M 119 [51] entnommen werden.

Aufgrund des Klimawandels ist mit einer Zunahme von Trockenperioden und mit einer weiteren Reduzierung der Grundwasserneubildung im Untersuchungsgebiet zu rechnen. Laut

Klimaprojektionen des LfULG [47] wird die Grundwasserneubildung im Untersuchungsgebiet von 157 mm/a (Ist-Daten von 1961 bis 1987) auf bis zu 32 mm/a (Klimaprojektion WETTREG2010_A1B_66 von 2071 bis 2100) zurückgehen. Diese drastische Prognose führt dazu, dass die Trockenheit die größte Gefährdung im Untersuchungsgebiet darstellt. Auch die Erfahrungen der Trockenperioden 2018 und 2019 [30] zeigen eine hohe Betroffenheit durch:

- einen hohen Wasserbedarf,
- rückläufige Schüttungen der Fassungen,
- Auslastung der Leistungsfähigkeit der technischen Systeme,
- eine erhöhte Anzahl an Rohrbrüchen, was zu einem zusätzlichen Personalbedarf führte.

Im Winter kann es im Untersuchungsgebiet zu ergiebigen Schneefällen und zu Kältewellen kommen. Massive Schneefälle behinderten Zufahrten zu einzelnen Anlagen, lange Frostperioden führten zu einer erhöhten Rohrbruchhäufigkeit mit punktuellen Beeinträchtigungen der Trinkwasserversorgung [30]. Trotz der durchschnittlich steigenden Temperaturen sind solche meteorologischen Ereignisse auch künftig gefährdungsrelevant.

Durch den Klimawandel ist auch mit der Zunahme von Extremwetterereignissen wie Stürmen, Tornados und Gewittern zu rechnen [13, 25–27]. Der GDV beurteilt die Gefahr durch Sturm und Hagel in der Oberlausitz als mäßig [52]. In der Vergangenheit kam es im Untersuchungsgebiet zu heftigen Unwettern mit Sachschäden, so z. B. Xaver (2013) und Friederike (2018). Durch diese Stürme entstanden auch Sachschäden an den Anlagen des Wasserversorgers z. B. zerstörte Zaunanlagen und versperrte Zuwegungen [30]. Die Gefahr eines Überspannungsschadens wird durch die GDV als mittel eingestuft [52]. Gewitter verursachten im Untersuchungsgebiet vereinzelte Überspannungsschäden [30].

Eine Gefährdung durch Erdbeben wurde anhand seismologischer Karten beurteilt [53]. Die verfügbare Karte zeigt keine Exposition im Untersuchungsgebiet.

Steinschläge, Felsstürze und Erdrutsche können grundsätzlich an Hanglagen auftreten. Im Bereich des Zittauer Gebirges kam es vereinzelt zu Steinschlägen [54]. Eine Betroffenheit der Wasserversorgung ist nicht eingetreten und auch unwahrscheinlich.

Erdsenkungen sind im Untersuchungsgebiet noch nicht aufgetreten. Die Beurteilung sieht daher keine weitere Bearbeitung vor.

Die Gefährdung für Groß- und Flächenbrände ist im Untersuchungsgebiet als geringfügig eingestuft [55]. Durch Brandereignisse kann es zu einer direkten Zerstörung der Wasserversorgungsanlagen kommen. Zusätzlich sind Löschwasser- oder Stoffeinträge in Folge eines Brandes möglich. Aufgrund der Struktur des Versorgungsgebietes sind Gefährdungen durch Brände nur punktuell zu erwarten.

Pandemien und Epidemien können den Betrieb der Wasserversorgungsanlagen stören. Potenziell ist mit dem Ausfall von Mitarbeitern und mit Einträgen von pathogenen Mikroorganismen über das Trinkwassernetz zu rechnen. Die Gefahr eines Personalmangels ist sehr relevant. Der Eintrag von humanpathogenen Keimen kann aufgrund des Multibarrieren-Prinzips sehr konsequent minimiert werden. Durch die Corona-Pandemie gab es bei der SOWAG bereits Zeiten mit Personalknappheit ohne Folgen für die Wasserversorgungsanlagen [30]. Im Betrieb existiert im Rahmen des Risikomanagements, ein Notfall- und Kasernierungskonzept. Die Konzepte enthalten grundsätzliche Aufgaben

und die benötigte Anzahl an Personal, dies ist in die Bewertung eingeflossen.

Natürliche Bodenkontaminationen können durch Hochwassereinträge, Starkniederschläge oder Schadstofffreisetzungen in Folge einer geänderten Grundwassernutzung entstehen. Es wird davon ausgegangen, dass die konventionelle Wasseraufbereitung (Enteisung, Entmanganung, Partikelelimination) nicht geeignet ist, eingetragene Schadstoffe zurückzuhalten und dass derartige Ereignisse eher lokal auftreten.

Zu den natürlichen Gefahrenquellen zählen auch kosmische Ereignisse wie Meteorite und Sonnenstürme. Ein Meteoriteneinschlag kann theoretisch gesamte Wasserversorgungsanlagen zerstören. Das resultierende Schadenspotenzial ist sehr hoch, jedoch wird das Ereignis als sehr unwahrscheinlich betrachtet. Sonnenstürme können durch erhöhte Strahlenbelastungen die Telekommunikationseinrichtungen stören und zum Ausfall der Elektroenergieversorgung führen. **Tabelle 2** zeigt die zusammengefasste Beurteilung der Naturgefahren.

4.2.2 Technische Störungen und menschliches Versagen

Mängel in der Betriebsführung können zum Versagen technischer Anlagen führen. Nach § 50 Abs. 4 WHG [56] sind die a.a.R.d.T. einzuhalten. Anforderungen an die Qualifikation und die Organisation von WVU sind im DVGW W 1000 [38] enthalten. Der betrachtete Wasserversorger ist nach DIN EN ISO 9001 und DIN EN ISO 14001 zertifiziert. Damit wird dem WVU bescheinigt, dass die Rechtsvorschriften eingehalten und die Organisation abgesichert sind [57]. Die Substanzerhaltung wird durch eine Rehabilitationsstrategie regelmäßig überprüft. Die technischen Anlagen werden nach den Vorgaben des DVGW Regelwerks errichtet und betrieben. Zur Havarievorsorge existieren eine Störreservematerialvorhaltung, Verträge mit Tiefbauunternehmen, Notstromaggregate und Wasserwagen. Die Gefahren der unzureichenden Unternehmensorganisation (T-1), Zustandsbewertung (T-2) und Substanzerhaltung (T-3) beschreiben die grundsätzlichen Anforderungen. Deutliche Defizite in diesen Bereichen, wie z. B. eine zu geringe Reinvestition, können langfristig den Betrieb der Wasserversorgungsanlagen stören, dies führt zu der Beurteilung der höheren Betroffenheit der Anlagen und des Netzes. Die weiteren Gefahren der Betriebsführungsaufgaben (T-4 bis T-19) betreffen eher den Normalbetrieb, Abweichungen können punktuelle Ausfälle zu Folge haben. Eine besondere Betriebsstörung ist der Rohrbruch auf einer Fernversorgungsleitung (T-20), aus der eine höhere Betroffenheit resultieren kann. Als kritisch wird auch der Eintrag von Nicht-Trinkwasser ins Trinkwassernetz (T-21) gesehen, dazu sollten private Eigenversorgungsanlagen, die Befüllung von Kanalreinigungsfahrzeugen und die Wasserentnahme der Feuerwehr überprüft werden.

Die Trinkwasserversorgung hängt von einer Reihe anderer kritischer Infrastrukturen ab. Sektorenübergreifende Risikobeurteilungen werden von Hokstad et al. [58] beschrieben.

Bei einem Stromausfall ist zur Beurteilung der Gefahr die räumliche Ausdehnung und Dauer des Stromausfalls zu unterscheiden. Ist der Ausfall lokal begrenzt, können mit den vorhandenen Netzersatzaggregaten die Anlagen weiterbetrieben werden [30]. Sind mehrere Anlagen betroffen und hält das Ereignis mehrere Tage an, dann können nur wenige Anlagen nach Priorität im Betrieb bleiben und es ist mit einer hohen und flächendeckenden Betroffenheit zu rechnen. Zur Beurteilung der Ein-

Tabelle 3: Beurteilung der Gefahren durch technische Störungen und menschliches Versagen

Gefahren		Quelle				Ursache		Verantwortl.				Betroffenheit					Relevanz	
Nr.	Gefahrenquelle	Leitfaden Sicherheit der Trinkwasserversorgung [19]	Schutz Kritischer Infrastrukturen [45]	DVGW W 1001-B1[46]	Störfalldokumentation des WVU [30]	Intern	Extern	Exposition im VG	Wasserversorger	Land / Kommune	Bund	Anlagen, Bauwerke	Verteilungsnetz	Personal	Region	Gefahrenausmaß (MVV der Betroffenheit)	Eintrittswahrscheinlichkeit	Relevanz (Produkt aus Gefahrenausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit)
T-1	Unternehmensorganisation		x	x		x		x	●			3	3	2	1	2,25	2	4,5
T-2	unzureichende Zustandsbewertung		x	x		x		x	●			3	3	1	1	2	2	4
T-3	unzureichende Substanzerhaltung		x	x		x		x	●			3	3	1	1	2	2	4
T-4	Unzureichender Bereitschaftsdienst			x		x		x	●			2	2	1	1	1,5	2	3
T-5	Unzureichende Wartung, Inspektion			x		x		x	●			2	2	1	1	1,5	2	3
T-6	Unzureichende Anlagendokumentation			x		x		x	●			2	2	1	1	1,5	2	3
T-7	Fehlerhafte Netzdokumentation			x		x		x	●			2	2	1	1	1,5	2	3
T-8	unzureichend qualifiziertes Personal			x		x		x	●			2	2	1	1	1,5	2	3
T-9	unzureichend qualifizierte Dienstleister			x		x	x	x	●			2	2	1	1	1,5	2	3
T-10	Baumaßnahmen Dritter			x	x		x	x	●			2	2	1	1	1,5	2	3
T-11	fehlende Redundanz			x		x		x	●			2	2	1	1	1,5	2	3
T-12	Fehldimension			x		x		x	●			2	2	1	1	1,5	2	3
T-13	zu geringe Überdeckung			x		x		x	●			2	2	1	1	1,5	2	3
T-14	ungeeignete Bauverfahren			x		x		x	●			2	2	1	1	1,5	2	3
T-15	falsche Werkstoffe			x		x	x	x	●			2	2	1	1	1,5	2	3
T-16	unsachgemäße Desinfektion			x		x		x	●			2	2	1	1	1,5	2	3
T-17	unzulässiger Wasserdruck			x		x		x	●			2	2	1	1	1,5	2	3
T-18	Störungen an Anlagenteilen			x		x		x	●			2	2	1	1	1,5	2	3
T-19	kritische Fließverhältnisse			x		x		x	●			2	2	1	1	1,5	2	3
T-20	Rohrbruch auf Fernwasserleitung			x	x	x	x	x	●			2	3	1	1	1,75	3	5,25
T-21	Einspeisung von Nicht-Trinkwasser			x			x	x	●			2	3	2	2	2,25	3	6,75
T-22	Stromausfall kurz, punktuell	x	x	x	x		x	x	●	●		2	2	1	2	1,75	3	5,25
T-23	Stromausfall lang, flächendeckend	x	x	x			x	x	●	●	●	3	3	3	3	3	2	6
T-24	Ausfall Informationstechnik	x	x			x	x	x	●			2	1	2	1	1,5	3	4,5
T-25	Ausfall der Erdgasversorgung		x				x	x	●			2	1	1	2	1,5	2	3
T-26	Lieferengpässe				x	x	x	x	●			2	2	1	1	1,5	3	4,5
T-27	Atomunfall	x					x			●	●	3	3	3	3	3	1	3
T-28	Unfälle mit Gefahrstoffen	x	x		x	x	x	x	●	●		2	3	1	2	2	3	6
T-29	Gewässerunreinigung	x					x	x	●	●		2	2	1	1	1,5	3	4,5
T-30	Landwirtschaftliche Einträge				x		x	x	●	●		2	3	1	2	2	3	6

Tabelle 4: Beurteilung der Gefahren durch Anschläge, Sabotage und kriegerische Handlungen

Gefahren		Quelle				Ursache		Verantwortl.		Betroffenheit					Relevanz			
Nr.	Gefahrenquelle	Leitfaden Sicherheit der Trinkwasserversorgung [19]	Schutz Kritischer Infrastrukturen [45]	DVGW W 1001-B1[46]	Störfalldokumentation des WVU [30]	Intern	Extern	Exposition im VG	Wasserversorger	Land / Kommune	Bund	Anlagen, Bauwerke	Verteilungsnetz	Personal	Region	Gefahrenausmaß (MVV der Betroffenheit)	Eintrittswahrscheinlichkeit	Relevanz (Produkt aus Gefahrenausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit)
A-1	IT- Angriff	x	x				x	x	●	●		2	2	1	1	1,5	2	3
A-2	Sabotage, Manipulation, Terrorismus	x		x			x	x	●	●		2	2	1	2	1,75	2	3,5
A-3	unzureichender Objektschutz, Einbruch, Diebstahl, Vandalismus	x		x		x		x	●			2	2	1	1	1,5	3	4,5
A-4	Entführung		x				x	x	●	●		2	2	1	1	1,5	2	3
A-5	Erpressung		x				x	x	●	●		2	2	1	1	1,5	2	3
A-6	Sprengstoffanschlag	x	x				x	x		●	●	2	2	1	1	1,5	1	1,5
A-7	Biologischer Anschlag	x	x				x	x		●	●	2	2	1	2	1,75	1	1,75
A-8	Chemischer Anschlag	x	x				x	x		●	●	2	2	1	2	1,75	1	1,75
A-9	zerstörerische Kampfhandlung	x					x	x			●	3	3	3	3	3	1	3
A-10	Radiologischer Anschlag	x	x				x	x		●	●	2	2	1	2	1,75	1	1,75

trittswahrscheinlichkeit fehlt es an belastbaren Daten. Aufgrund der potenziellen Möglichkeit wurde mit einer mittleren Eintrittswahrscheinlichkeit gerechnet.

Mit der Digitalisierung nimmt auch die Abhängigkeit von der Funktionsfähigkeit der Informationstechnik zu. Kommt es zum Ausfall der Informationstechnik, kann der Betrieb nur mit erhöhtem Personalaufwand aufrechterhalten werden. Durch technische Störungen kam es auch im Untersuchungsgebiet zu Ausfällen der Informationstechnik [30]. Die dadurch entstandenen Übertragungsausfälle wurden durch Notprogramme überbrückt. Es wurde für die Anlagen und für das Personal mit einer punktuellen Betroffenheit und einer hohen Eintrittswahrscheinlichkeit gerechnet.

Die Nutzung von Erdgas erfolgt bei der SOWAG nur punktuell zur Gebäudebeheizung. Ein Ausfall der Gasversorgung hat somit keine Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung.

Auch Lieferengpässe für Betriebs- und Hilfsstoffe können den Betrieb der wasserwirtschaftlichen Anlagen stören. Im Untersuchungsgebiet kann z. B. eine ausbleibende Filtermateriallieferung zu punktuellen Qualitätsbeeinträchtigung in der Wasseraufbereitung führen.

Nuklearunfälle können sich durch den Ausfall von Atomkraftwerken (AKW), beim Transport von Atommüll, in Forschungseinrichtungen oder im medizinischen Bereich ergeben. Ins-

besondere ein Unfall in einem AKW kann zu gravierenden Umweltschäden führen. Das nächstgelegene AKW befindet sich in Temelin (Tschechische Republik) und ist ca. 200 km entfernt. Durch die Entfernung und geringe Größe des AKWs ist keine Auswirkung einer Explosion zu erwarten, jedoch kann je nach Wetterlage ein radioaktiver Niederschlag entstehen. Ein GAU am AKW Isar in Deutschland hätte größere Auswirkungen. Sollte es zu diesem Ereignis kommen, ist die Oberlausitz mit einer Wahrscheinlichkeit von 2 % langfristig nicht bewohnbar [59]. Für Westeuropa wird eine Eintrittswahrscheinlichkeit für einen GAU von einmal in 50 Jahren von Lelieveld et al. [60] angeben. Die hohe Eintrittswahrscheinlichkeit ergibt sich aus der hohen Anzahl der AKW, für ein einzelnes AKW wurde mit einer Ausfallwahrscheinlichkeit von einmal in 3.650 Jahren gerechnet. Da nur ein GAU am AKW Isar das Potenzial radioaktiven Kontamination für die Oberlausitz bewirkt, wurde die geringste Eintrittswahrscheinlichkeit für die Gefahrenanalyse gewählt.

Unfälle mit Gefahrstoffen oder Gewässerverunreinigungen können zu einer Kontamination des Grundwassers führen. Im Untersuchungsgebiet sind sieben Fassungsgebiete mit 127 Quell- oder Schachtbrunnen vorhanden. Einzelne Betriebsstörungen, in Bezug auf Gefahrstoffeinträge, wurden auch in der Untersuchung festgestellt [30].

Tabelle 5: Prioritäre Gefahren im betrachteten Versorgungsgebiet

Nr.	Gefahrenquelle	Relevanz	Bewertung zur Szenarioauswahl, Bemerkungen
N-5	Überflutung Wasserfassung	5,25	1. Szenario: Gefahrstoffeintrag
N-7	Trockenheit	9	2. Szenario: lange Trockenperiode mit potenziellen Bedarfsdeckungsdefizit
N-10	Sturm, Tornado, Unwetter	5,25	3. Szenario: Ausfall einer Einzelanlage
T-1	Unternehmensorganisation	4,5	Absicherung über Qualitäts-, Umwelt- und Energiemanagementsys.
T-20	Rohrbruch auf Fernwasserleitung	5,25	4. Szenario: Rohrbruch auf einer Hauptversorgungsleitung
T-21	Einspeisung von Nicht- Trinkwasser	6,75	1. Szenario: Gefahrstoffeintrag
T-22	Stromausfall kurz, punktuell	5,25	3. Szenario: Ausfall einer Einzelanlage
T-23	Stromausfall lang, flächendeckend	6	5. Szenario: flächendeckender Stromausfall
T-24	Ausfall Informationstechnik	4,5	3. Szenario: Ausfall einer Einzelanlage
T-28	Unfälle mit Gefahrstoffen	6	1. Szenario: Gefahrstoffeintrag
T-29	Gewässerverunreinigung	4,5	1. Szenario: Gefahrstoffeintrag
T-30	Landwirtschaftliche Einträge	6	1. Szenario: Gefahrstoffeintrag
A-3	unzureichender Objektschutz, Einbruch, Diebstahl, Vandalismus	4,5	3. Szenario: Ausfall einer Einzelanlage

Eine Grundwasserverunreinigung kann auch durch landwirtschaftliche Einträge entstehen, z. B. durch Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. Wird Gülle eingesetzt, kann es zusätzlich zu einer höheren mikrobiologischen Belastung kommen. Auch zu dieser Gefährdung wurden vereinzelte Fälle im Untersuchungsgebiet ermittelt [30].

Zum Schutz der Fassungen sind Trinkwasserschutzzonen nach DVGW W 101 [61] ausgewiesen. Trotz der Umsetzung des technischen Regelwerkes, zeigt die Störfalldokumentation [30] die oben beschriebenen Eintragspfade mit einer hohen Eintrittswahrscheinlichkeit und punktuellen Eintragspfaden.

In **Tabelle 3** ist die Beurteilung der Gefahren durch technische Störungen und menschliches Versagen zusammengefasst.

4.2.3 Anschläge, Sabotage, krieglerische Handlungen

Die Kommunikations- und Steuertechnik ist potenziell durch IT-Angriffe gefährdet. Unerlaubter Zugriff auf die Systeme kann zum Ausfall von Wasserversorgungsanlagen führen. Im Untersuchungsgebiet kommunizieren die Anlagen der Wasserversorgung nur von innen nach außen, somit ist ein Fremdzugriff auf die Anlagentechnik unmöglich. Durch den speziellen Aufbau des Netzwerkes sind Auswirkungen von Cyberattacken auf den Ausfall des Prozessleitsystems begrenzt und haben keine direkte Auswirkung auf die Wasserversorgungsanlagen.

Die Technik kann auch durch Sabotage, Manipulation oder Terrorismus zerstört oder in der Funktion unterbrochen werden. Zur Verhinderung müssen die Anlagen einen ausreichenden Objektschutz aufweisen. Das Merkblatt DVGW W 1050 [40] gibt Hinweise zur Durchführung einer Risikobetrachtung des Objektschutzes. Alle Wasserversorgungsanlagen im Untersuchungsgebiet erfüllen im Wesentlichen die Normvorgaben. Ein Einbruch mit

Zerstörung der Anlagentechnik ist dennoch punktuell möglich, dies wurde in der Betroffenheit berücksichtigt.

Sabotage kann auch durch Einbringung von gefährlichen Stoffen erfolgen. In der Empfehlung des Schweizerischen Vereins des Gas- und Wasserfaches W 1007d [62] sind Möglichkeiten zum Erkennen von gefährlichen Stoffen und Gegenmaßnahmen beschrieben.

Anschläge und krieglerische Ereignisse können massive Auswirkungen auf die Wasserversorgung haben. Bei den Anschlägen wird zwischen Sprengstoff, biologischen, chemischen oder radiologischen Waffen unterschieden. Die öffentliche Wasserversorgung stellt ein mögliches Ziel für krieglerische Aktivitäten dar. Die Wahrscheinlichkeit eines Angriffes auf die öffentliche Wasserversorgung wird jedoch als sehr gering eingestuft [19].

Tabelle 4 zeigt die Beurteilung der Gefahren durch Anschläge, Sabotage und krieglerische Handlungen

4.2.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

In der Fallstudie wurden 57 Einzelgefahren untersucht und bewertet. Im Ergebnis wurden zwölf prioritäre Gefährdungen (Score > 4,0) ermittelt (**Tabelle 5**).

Die prioritären Gefährdungen wurden zu fünf Szenarien zusammengefasst und bilden die Grundlage für eine Szenarioidentifikation als nächsten Arbeitsschritt der Risikoanalyse [19].

5 Diskussion und Ausblick

Die vorgestellte Methodik zur Priorisierung von Gefahren zeigt potenzielle Gefährdungen der öffentlichen Wasserversorgung auf. Naturgefahren sind dabei standortspezifisch. Deren Relevanz kann in den Versorgungsgebieten sehr unterschiedlich ausfallen. So ist z. B. die Gefährdung durch Hochwasser im Untersuchungsgebiet

Tabelle 6: Mindestumfang der Gefahrenanalyse

Mindestumfang der Gefahrenanalyse		
Naturgefahren	Technisches und menschliches Versagen	Anschläge, Sabotage, kriegsrische Handlungen
Hochwasser	Ausfall von Einzelanlagen*	IT-Angriff
Sturzflut	Rohrbruch auf Verbundleitungen	
Trockenheit	flächendeckender Stromausfall*	
Erdbeben	Unfälle mit Gefahrstoffen	
Groß- und Flächenbrand		
Epidemie, Pandemie		

* vorrangige Nutzung zur Szenariobildung

sehr gering. In anderen Versorgungsgebieten zählt Hochwasser jedoch zu einer der primären Gefahrenquellen [28–29]. Bei den Naturereignissen lassen sich die Eintrittswahrscheinlichkeiten i.d.R. gut durch Modellierung oder statistische Auswertungen bestehender Datenreihen ermitteln [48, 63]. Zum Teil können auch Online-tools [47, 52–55] zur Bewertung der Naturgefahren genutzt werden. Die Auswirkungen des Klimawandels lassen sich zunehmend mit Beispielen [28–33, 63] belegen. Die konkrete Gefährdung ist schwieriger zu beurteilen, zumal die Intensität des Klimawandels von der weiteren Entwicklung der Treibhausgasemissionen abhängig ist. Tendenziell werden durch den Klimawandel Extremereignisse, wie Hochwasser, Sturzfluten, Trockenheit und Dürre, zunehmen und die Grundwasserneubildung abnehmen [13, 25–27]. Die Entwicklung der Wasserhaushaltsgrößen als mittlerer Trend ist dabei belastbarer vorhersagbar als die Wahrscheinlichkeit und Intensität singulärer Extremereignisse. Für eine strategische Analyse der Versorgungssicherheit bedarf es vor allem genauerer Prognose zur quantitativen und qualitativen Entwicklung der nutzbaren Grundwasserdarabote. Hier besteht Forschungsbedarf.

Technische Störungen und menschliches Versagen können zur Beeinträchtigung der Wasserversorgung führen. Dabei können die Wasserversorger mit Betriebsstörungen, wie z. B. kleinen Rohrbrüchen und technischen Defekten gut umgehen. Derartige Betriebsstörungen führen – wenn überhaupt – zu kurzen und lokal begrenzten Ausfällen der Trinkwasserversorgung und sind dem Normalbetrieb des WVU zuzuordnen [64]. Dies konnte auch für das untersuchte Versorgungsgebiet bestätigt werden. Im Rahmen des Risikomanagements sollte daher der Fokus auf außergewöhnliche Ereignisse, wie z. B. einen flächendeckenden Stromausfall oder den Eintrag von Gefahrstoffen, gelegt werden. Die Beurteilung der Eintrittswahrscheinlichkeiten für derartige Ereignisse ist jedoch nur begrenzt möglich, dies wurde auch durch Hüttner et al. festgestellt [65].

Bei Anschlägen, Sabotage und kriegsrischen Handlungen wird unter anderem der Cyberangriff als potenzielle Gefahrenquelle identifiziert [63–65], wobei im Beispielgebiet die Gefährdung als gering bewertet wurde. Die Eintrittswahrscheinlichkeiten für IT-Angriffe sind schwer abzuschätzen, die Wahrscheinlichkeit steigt aber gemäß BMI [14]. Bei Cyberattacken besteht nicht nur die Gefahr eines direkten IT-Ausfalls. Es können auch andere Kritische Infrastrukturen betroffen sein, was z. B. zur Unterbrechung der Strom- oder Gasversorgung führen kann.

Der größte Vorteil in der Anwendung der Methodik ist, im Vergleich zu [18, 19], eine fachlich begründete Priorisierung der Ge-

fährdungen. Durch die Quantifizierung wird ein mit Zahlen belegte Reihenfolge erreicht und damit der subjektive Anteil reduziert. Die Nachteile der Methodik liegen in den umfangreichen Recherchen für jede Einzelgefahr. Weiterhin wurden nach dem All-Gefahren-Ansatz [23] auch für den Wasserversorger sehr abstrakte Gefahren, wie z. B. Meteoriteneinschlag, Atomunfälle oder Anschläge untersucht. Hierfür werden konkretere Vorgaben zur flächenhaften Ausdehnung und Eintrittswahrscheinlichkeiten der Ereignisse benötigt, um die Subjektivität weiter zu reduzieren und eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen. Zu diskutieren ist auch ein weiterer Einbezug von mehreren Expertenmeinungen für die Bewertung der Gefahren, dies könnte zu einem höheren Arbeitsaufwand aber gleichzeitig auch zur einer geringeren Subjektivität führen.

In der Anwendung der Methodik durch die Aufgabenträger der öffentlichen Trinkwasserversorgung, und insbesondere in Bezug auf kleine bis mittlere WVU, stellt sich die Frage, ob dieser Arbeitsschritt zu leisten ist oder ob für prioritäre Gefahren ein Mindestumfang definiert werden kann. Ähnliche Erkenntnisse wurden auch von Hüttner & Winkler [64] und Hüttner et al. [65] am Beispiel von Leipzig und Dresden gewonnen.

Im Vergleich zu [64] wird eine erweiterte Liste zum Mindestumfang der Gefahrenanalyse und zur Szenarioidentifikation vorgeschlagen (Tabelle 6).

Aktuell besteht auch in Deutschland ein Defizit bezüglich der Umsetzung von Risikoanalysen [21]. Das vorgeschlagene Werkzeug zur Priorisierung der Gefahren und die Vorgabe eines Mindestumfangs zu bewertender, relevanter Gefahren können zu einer verbesserten Umsetzungsquote der Risikoanalyse beitragen.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei der SOWAG mbH für die Unterstützung.

Literatur

- [1] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V (BDEW): Corona-Virus: Derzeit keine Auswirkungen auf Energieversorgung und Trinkwasserqualität – Der BDEW informiert zum aktuellen Stand in Energie- und Wasserwirtschaft, in Zeiten der Corona-Pandemie, 23.03.2020, Hrsg. BDEW, Berlin.
- [2] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW): Presseinformation. Aktuelle Lage Corona-Virus: Gas- und Wasserversorgung in Deutschland ist sichergestellt, 13.03.2020, Hrsg. DVGW, Berlin.
- [3] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V (BDEW): Corona-Virus: BDEW zum ersten Bericht des Expertenrats der Bundesregierung/

- Auswirkungen der Omikron-Variante auf kritische Infrastrukturen, 20.12.2021, Hrsg. BDEW, Berlin.
- [4] Umweltbundesamt (UBA): Trinkwasser und Coronavirus SARS-CoV-2 – Übertragung unwahrscheinlich. 12.03.2020, Hrsg. UBA Fachgebiet II 3.5, Bad Elster.
 - [5] United States Environmental Protection Agency (EPA): Water Utility Resources for the COVID-19 Pandemic, aufgerufen am 16.05.2022, <https://www.epa.gov/coronavirus/water-utility-resources-covid-19-pandemic>
 - [6] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): Handbuch Betriebliche Pandemieplanung, 2. Aufl., Version 3.0, Dez. 2010, Hrsg. BBK, Bonn.
 - [7] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): Betriebliche Pandemieplanung – Anpassungen an die aktuelle Coronalaage, 30.12.2021, Hrsg. BBK, Bonn.
 - [8] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA): Pandemiemaßnahmen in Abwasserbetrieben Information des DWA Fachausschusses BIZ-4 „Arbeits- und Gesundheitsschutz“, 26.01.2021, Hrsg. DWA, Hennef.
 - [9] Direktionsbereich Öffentliche Gesundheit (BAG): Pandemieplan Handbuch für die betriebliche Vorbereitung, 2. Aufl., 2015, Hrsg. BAG, Direktionsbereich Öffentliche Gesundheit, Abteilung Übertragbare Krankheiten, Bern.
 - [10] World Health Organization (WHO): COVID-19 Strategic Preparedness and Response Plan Operational Planning Guideline, 2022. Hrsg. WHO, Genf.
 - [11] Water Research Foundation (WRF): Business Continuity Planning for Water Utilities: Guidance Document, 2013, Hrsg. WRF, Denver.
 - [12] M. Kahle, M. Kempf, B. Martin, R. Glaser: Classifying the 2021 'Ahrtal' flood event using hermeneutic interpretation, natural language processing, and instrumental data analyses, Environmental Research Communications 4(5), doi:10.1088/2515-7620/ac6657.
 - [13] H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.): Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; März 2022; ISBN 9789291691593.
 - [14] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI): Einschätzung der aktuellen Cyber-Sicherheitslage in Deutschland nach dem russischen Angriff auf die Ukraine, 04.03.2022, Hrsg. BSI, Bonn
 - [15] Cybersecurity & Infrastructure Security Agency: Alert (AA22-110A) Russian state-sponsored and criminal cyber threats to critical infrastructure. aufgerufen am 09.05.2022, <https://www.cisa.gov/uscert/ncas/alerts/aa22-110a>
 - [16] World Health Organization (WHO): Guidelines for drinking water quality: fourth edition incorporating the first Addendum. Hrsg. WHO, ISBN 978-9241549950
 - [17] DIN EN 15975-1 Sicherheit der Trinkwasserversorgung - Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement - Teil 1: Krisenmanagement. Deutsche Fassung, Stand 03/2016. Beuth Verlag GmbH, Berlin
 - [18] DIN EN 15975-2 Sicherheit der Trinkwasserversorgung - Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement - Teil 2: Risikomanagement. Deutsche Fassung, Stand 12/2013. Beuth Verlag GmbH, Berlin
 - [19] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): Sicherheit der Trinkwasserversorgung Teil 1: Risikoanalyse. Jan. 2016. Hrsg. BBK, Bonn.
 - [20] Broß, L., Wienand, I., Krause, S.: Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Teil II: Notfallvorsorgeplanung. BBK Fachinformation Praxis im Bevölkerungsschutz. Ausgabe 06/2019, Hrsg. BBK, Band 15, Bonn.
 - [21] Broß, L.; Wienand, I. & Krause, S.: Stand der Notfallvorsorgeplanung in der Wasserversorgung in Deutschland. gwf-Wasser/Abwasser 09/2020, S. 40-51
 - [22] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): BBK-Glossar, aufgerufen am 19.07.2022, https://www.bbk.bund.de/DE/Infothek/Glossar/glossar_node.html
 - [23] Bundesministerium des Inneren (BMI): Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie). Stand 2009, Hrsg. BMI, Berlin.
 - [24] Critical Infrastructure Partnership Advisory Council (CIPAC): Roadmap to a Secure and Resilient Water and Wastewater Sector. Mai 2017, Hrsg. Water and Wastewater Sector Strategic Roadmap Work Group.
 - [25] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU): Nationale Wasserstrategie Entwurf des Bundesumweltministeriums; Stand Juni 2021, Hrsg. BMU Arbeitsgruppe WR I 1-w, Bonn.
 - [26] DVGW-Landesgruppe Rheinland-Pfalz: Rheinland-Pfalz im Blick. Informationszeitschrift für Mitglieder und Interessierte aus dem Gas- und Wasserfach. Ausgabe 1/2021, S. 1-3.
 - [27] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG): Klimawandel und Wasserhaushalt in Sachsen (KliWES) Schriftenreihe, Heft 32/2014, Hrsg. LfULG, Dresden.
 - [28] Landeshauptstadt Dresden: Folgen der Hochwasserschäden 2002 und 2013. aufgerufen am 12.06.2022, <https://www.dresden.de/de/stadt-raum/umwelt/umwelt/055/trink-wasser.php>
 - [29] Görlitzer Anzeiger: Wasserversorgung in Görlitz normalisiert sich. aufgerufen am 13.06.2022 https://www.goerlitzer-anzeiger.de/goerlitz/service/5930_wasserversorgung-in-goerlitz-normalisiert-sich.html
 - [30] Süd-Oberlausitzer Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsgesellschaft mbH (SOWAG): Störfalldokumentation der Trinkwasserversorgung durch die SOWAG der Jahre 2009-2022. Hrsg. SOWAG mbH, Zittau.
 - [31] Welt: In Norddeutschland herrscht die größte Dürre seit 15 Jahren, aufgerufen am 13.06.2022, <https://www.welt.de/wirtschaft/article177217410/Wasserversorgung-In-Deutschland-herrscht-die-groesste-Duerre-seit-15-Jahren.html>, veröffentlicht 08.06.2018.
 - [32] Lippe-News: Hitze und Trockenheit – Kreis Lippe ruft zu sorgsamem Umgang mit Trinkwasser auf, aufgerufen am 13.06.2022, <https://www.lippe-news.de/2018/08/02/hitze-und-trockenheit-kreis-lippe-ruft-zu-sorgsamem-umgang-mit-trinkwasser-auf/>, veröffentlicht 02.08.2018.
 - [33] Frankfurter Rundschau GmbH: Italien leidet unter Trockenheit: „Die Situation ist kritisch und kann nur schlimmer werden, aufgerufen 05.07.2022, <https://www.fr.de/panorama/italien-wasser-duerre-trockenheit-fluss-po-verona-pisa-wassernutzung-situation-kritisch>, veröffentlicht 03.07.2022.
 - [34] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): Stromausfall Vorsorge und Selbsthilfe. Ausgabe 3, Jan. 2019, Hrsg. BBK, Bonn.
 - [35] FOCUS Online: Zwei Tage lang kein Strom - Ursache für Mega-Stromausfall in Berlin gefunden - Betroffenen winkt Schadensersatz, aufgerufen am 22.06.2022, https://www.focus.de/panorama/welt/zwei-tage-lang-kein-strom-ursache-fuer-mega-stromausfall-in-berlin-gefunden-betroffenen-winkt-schadensersatz_id_10595344.html, veröffentlicht 15.04.2019.
 - [36] General Anzeiger Bonn: Ätzende Lauge im Trinkwasser Bornheimer Rheinorte entgehen nur knapp einer Katastrophe. aufgerufen am 22.06.2022, <http://www.general-anzeiger-bonn.de/region/vorgebirge-voreifel/bornheim/Bornheimer-Rheinorte-entgehen-nur-knapp-einer-Katastrophe-article1025734.html>, veröffentlicht am 12.04.2013.
 - [37] Wienand, I.: Kritische Infrastrukturen – Was ist zu tun? Vortrag anlässlich der Fachtagung für Führungskräfte der Versorgungs- und Entsorgungswirtschaft am 16.04.2014 in Bad Wiessee.
 - [38] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. (DVGW): DVGW W 1000 Arbeitsblatt, Anforderungen an die Qualifikation und die Organisation von Trinkwasserversorgern. Stand 01/2016, Bonn: Hrsg. DVGW.
 - [39] BSI-Gesetz vom 14. August 2009 (BGBl. I S. 2821), das zuletzt durch Artikel 12 des Gesetzes vom 23. Juni 2021 (BGBl. I S. 1982) geändert worden ist.
 - [40] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. (DVGW): DVGW W 1050 Merkblatt, Objektschutz von Wasserversorgungsanlagen. Stand 2019, Bonn: Hrsg. DVGW.

- [41] J. Bartram, L. Corrales, A. Davison, D. Deere, D. Drury, B. Gordon, G. Howard, A. Rinehold, M. Stevens: Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers. Stand 2009, Genf: Hrsg. World Health Organization.
- [42] S. Abuzerr, M. Hadi, K. Zinszer, S. Nasser, M. Yunesian, A. H. Mahvi, R. Nabizadeh, S. H. Mohammed: Comprehensive risk assessment of health-related hazardous events in the drinking water supply system from source to tap in Gaza strip, Palestine. *Journal of Environmental and Public Health* 2020 (11), 1-10, doi:10.1155/2020/7194780.
- [43] Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD): Handbook on Constructing Composite Indicators- Methodology and user guide. Stand: 2008, ISBN 9789264043459.
- [44] T. Terekhanova, J. Traenckner, T. Gruettner, G. Perdu: Risikomanagement: Sensitivitätsauswertung von Trinkwasserversorgungsgebieten ohne hydraulische Modellierung, *gwf-Wasser/Abwasser* 12/2013, S. 1.348-1.356.
- [45] Bundesministerium des Inneren (BMI): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko- und Krisenmanagement Leitfaden für Unternehmen und Behörden. Stand 05/2011, Berlin: Hrsg. BMI.
- [46] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. (DVGW): DVGW W 1001 B1 Merkblatt, Sicherheit der Trinkwasserversorgung – Umsetzung für Wasserverteilungsanlagen. Stand 11/2011, Bonn: Hrsg. DVGW.
- [47] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG): iDA Datenportal für Sachsen - Aufgabenträger der öffentlichen Wasserversorgung. Stand 26.04.2022, Dresden: Hrsg. LfULG.
- [48] Süd-Oberlausitzer Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsgesellschaft mbH (SOWAG): Gefährdungsbeurteilung zur Hochwassersituation im Trinkwasserbereich. Stand 2012, Zittau: Hrsg. SOWAG mbH.
- [49] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA): Merkblatt DWA-M 103 Hochwasserschutz für Abwasseranlagen. Stand: 10/2013, Hennef: Hrsg. DWA.
- [50] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V.: Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge. BWK-Fachinformation 1/2013.
- [51] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA): Merkblatt DWA-M 119 Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen. Stand: 11/2016, Hennef: Hrsg. DWA.
- [52] Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV): aufgerufen am 27.04.2022, http://www.kompassnaturgefahren.de/platform/resources/apps/Kompass_Naturgefahren/index.html?lang=de
- [53] Seismologie-Verband: Seismologischer Verband zur Erdbebenbeobachtung in Mitteldeutschland, Kartendienst Erdbeben in Mitteldeutschland. aufgerufen am 02.05.2022, <http://antares.thueringen.de/cadenza/pages/map/default/index.xhtml?sessionid=9854055DF608F23742F34502FCFD3402>
- [54] Sächsische Staatskanzlei: Freistaat Sachsen, Naturgefahren. aufgerufen am 17.05.2022, <http://www.naturgefahren.sachsen.de/index.html>
- [55] Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL): Waldbrandgefahrenklasse. aufgerufen am 05.05.2022, <http://www.wald.sachsen.de/waldbrandgefaehrung-4186.html>
- [56] Wasserhaushaltsgesetz (WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3901) geändert worden ist.
- [57] Süd-Oberlausitzer Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsgesellschaft mbH (SOWAG): Bericht über das Management-Review für das Jahr 2021. Zittau: Hrsg. SOWAG mbH.
- [58] Hokstad, P., Utne, I.B., Vatn, J.: Risk and vulnerability analysis of critical infrastructures. In: Hokstad, P., Utne, I., Vatn, J. (eds) Risk and interdependencies in critical infrastructures. 2012, Springer, London, doi:10.1007/978-1-4471-4661-2_3
- [59] Spiegel Online: Interaktive Karte Angst vor der Atomwolke. aufgerufen am 05.05.2022, <https://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/atomkraft-diese-interaktive-karte-zeigt-das-strahlenrisiko-a-1133716.html>
- [60] Lelieveld, J., Kunkel, D., and Lawrence, M. G.: Global risk of radioactive fallout after major nuclear reactor accidents, *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 4245–4258, <https://doi.org/10.5194/acp-12-4245-2012>, 2012.
- [61] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. (DVGW): DVGW W 101 Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete, Teil: Schutzgebiete für Grundwasser. Stand 06/2006, Bonn: Hrsg. DVGW.
- [62] Schweizer Verein des Gas- und Wasserfachs (SVGW): SVGW W1007 d: Empfehlung Sabotageschutz von Trinkwasserversorgungen. Stand 2010, Zürich: Hrsg. SVGW.
- [63] I. Wienand, L. Broß, N. Lübbes, St. Krause: Sichere Wasserversorgung? Erhöhung der Resilienz durch Maßnahmen des Risiko- und Krisenmanagements. *BBK Bevölkerungsschutz* 1/2020 S. 20-23.
- [64] D. Hüttner, U. Winkler: Praktische Erfahrungen bei der Durchführung einer Risikoanalyse der öffentlichen Wasserversorgung für die Stadt Leipzig. Sonderdruck *gwf-Wasser/Abwasser* 01/2020, S. 1-5.
- [65] D. Hüttner, B. Kalfhaus, R. Opitz, M. Mucha, I. Wienand: Risikoanalyse der öffentlichen Wasserversorgung Methoden und Erkenntnisse aus Dresden und Leipzig. *BBK Bevölkerungsschutz* 3/2018, S. 12-17.

Autoren:

Dipl.-Ing. (FH) Felix Heumer
(Korrespondenz-Autor)

SOWAG mbH Zittau
 Äußere Weberstraße 43
 02763 Zittau
felix.heumer@sowag.de

Prof. Dr.-Ing. habil. Jens Tränckner

Universität Rostock
 Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
 Justus-von-Liebig-Weg 6
 18059 Rostock
jens.traenckner@uni-rostock.de

Prof. Dr.-Ing. Thomas Grischek

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
 Lehrgebiet Wasserwesen
 Friedrich-List-Platz 1
 01069 Dresden
thomas.grischek@htw-dresden.de

Sicherheit der Wasserversorgung

Vulnerabilitätsermittlungen der Trinkwasserversorgung im Rahmen der Risikoanalyse

Felix Heumer, Wolfram Kritzner, Thomas Grischek, Jens Tränckner

Eingereicht ins Peer-Review: 31.03.2023

Begutachtet am: 23.05.2023

Veröffentlicht: GWF- Wasser Abwasser 09-2023, S. 71-79

Risikomanagement, Resilienz, Bilanz-Struktur-Modelle, Notfallvorsorge, Ausfall von Anlagen, Blackout

Die Trinkwasserversorgung kann durch einen Blackout, Hochwasser, Cyberangriffe oder andere Gefahren beeinträchtigt werden. Doch wie wirken sich konkrete Szenarien auf die betriebseigenen Versorgungsanlagen aus und wie viele Einwohner können noch über welchen Zeitraum versorgt werden? Die Verwundbarkeit der Anlagen ist in Abhängigkeit der Szenarien und der Versorgungsstruktur sehr divers. Im vorliegenden Beitrag wird die Methodik der Bilanz-Struktur-Modelle zur Ermittlung der Vulnerabilität und des Schadensausmaßes vorgestellt und am Fallbeispiel erprobt. Im Ergebnis der betrachteten Szenarien wird das Schadensausmaß anhand der Anzahl der betroffenen Verbraucher sowie der verbleibenden Zeit bis zum Ausfall der Versorgung ermittelt. Auf der Grundlage der Simulationen lassen sich weitere Arbeitsschritte wie die Risikobewertung, Maßnahmen der Härtung der Wasserversorgung und Grundlagen für ein Krisenmanagement ableiten.

Water supply safety – Vulnerabilities of the drinking water supply

Drinking water supplies can be affected by a blackout, flood, cyberattack or other hazards. But how do specific scenarios affect your own supply facilities and how many residents can still be supplied and for how long? The vulnerability of the plants is very diverse depending on scenarios and supply structure. In this paper, the methodology of balance structure models to determine vulnerability and extent of damage is presented and tested on a case study. As a result of the scenarios considered, the extent of damage is determined based on the number of consumers affected and the remaining supply time. Based on specific simulations, further steps such as risk assessment, planning of measures and concepts for crisis management can be derived and demonstrated.

1 Einleitung

Die Wasserversorgung ist einer Reihe potenzieller Gefährdungen ausgesetzt, wie z. B. Hochwässern, Trockenperioden, Cyberangriffen, Pandemien, Ausfall von Einzelanlagen oder einem Blackout [1]. Aus den potenziellen Gefahren können relevante Szenarien abgeleitet [1, 2] und in einer Szenario-Identifikation [2] beschrieben werden. Doch wie wirken sich diese Szenarien auf die Systemkomponenten der Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung aus? Kann durch den Ausfall von Anlagen oder Anlagenteilen die Trinkwasserversorgung nicht mehr sichergestellt werden und endet damit das Szenario in einer Krise oder Katastrophe?

Wasserversorgungsunternehmen (WVU) benötigen zur Beantwortung dieser und weiterer Fragestellungen ein Risiko- und Krisenmanagement. Der Water Safety Plan der Weltgesundheitsorganisation (WHO) [3] sowie die Normen DIN EN 15975-1 [4] und DIN EN 15975-2 [5] beschreiben methodische Ansätze. Weiterführend veröffentlichte das Bundesamt für Bevölkerungsschutz

und Katastrophenhilfe (BBK) zwei Fachinformationen zur Sicherheit der Trinkwasserversorgung [2, 6].

Die größten Defizite in der Gestaltung des Risikomanagements liegen im Bereich der Risikoanalyse [7]. Schlussfolgernd wird Handlungsbedarf bei der Entwicklung praktikabler Instrumente zur Umsetzung eines integrierten Risiko- und Krisenmanagementprozesses gesehen [7].

Die Vulnerabilitätsanalyse ist laut BBK [2] der umfangreichste Schritt in der Risikobetrachtung und basiert auf der Szenario-Identifikation. Mit der Vulnerabilitätsanalyse werden Expositionen, Funktionsanfälligkeiten und die Ersetzbarkeit von Systemkomponenten bestimmt. Nach der Vulnerabilitätsanalyse gemäß [2] wird das Schadensausmaß ermittelt. Zu diesem Arbeitsschritt gehört die Ermittlung der betroffenen Einwohner und der Dauer des Ereignisses und seiner Auswirkungen. Als Ergänzung der vorhandenen Instrumente [2, 5] ist zu analysieren, ob Modellierungen auf Basis von Mengenbilanzen zu verbesserten Erkenntnissen beitragen.

2 Stand des Wissens und Zielstellung

2.1 Vulnerabilität, Risiko und Resilienz

Der Begriff der Vulnerabilität umfasst laut United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) [8] die physische, soziale, wirtschaftliche oder umweltbedingte Anfälligkeit eines Individuums, einer Gemeinschaft oder eines Systems gegenüber den Auswirkungen von Gefahren. Im Vergleich zu [8] beschreibt das BBK [2, 9] die Vulnerabilität im Kontext der Risikoanalyse als Maß für die anzunehmende Schadensanfälligkeit eines Schutzgutes in Bezug auf ein bestimmtes Ereignis. Im Rahmen dieser Arbeit wird die Vulnerabilität als Wirkung eines Gefahrenereignisses auf die Anlagen zur Trinkwasserversorgung (Schutzgut) und eine daraus resultierende Versorgungsunterbrechung (Schadensanfälligkeit) definiert. Zur Bestimmung des Schadensausmaßes werden die durch die Versorgungsunterbrechung entstehenden bilanziellen Defizite und nicht versorgten Einwohner im zeitabhängigen Verlauf ermittelt.

Der Terminus des Risikos wird von Birkmann [10] als Produkt der Interaktion zwischen Gefahrenereignis und Vulnerabilität beschrieben. In [2–6, 8] wird die Definition des Risikos nach [10] durch die Eintrittswahrscheinlichkeit der Gefahrenereignisse ergänzt. Im Folgenden wird der Begriff des Risikos als Produkt der Eintrittswahrscheinlichkeit und des resultierenden Schadensausmaßes einer Gefährdung der Wasserversorgung definiert.

Die Resilienz ist laut UNDRR [8] die Fähigkeit einer Gesellschaft, einer Gemeinschaft oder eines Systems, den Gefahrenauswirkungen zu widerstehen, sie zu absorbieren, sich an sie anzupassen und sich von der Schädigung zu erholen. Zur Beurteilung der Resilienz werden von Broß [11] folgende Resilienzeigenschaften beschrieben: Anpassungsfähigkeit, Absorptionsfähigkeit, Beständigkeit, Redundanz, Ressourceneffizienz, Robustheit, Schnelligkeit und Wiederherstellungsfähigkeit.

In Bezug auf diese Arbeit wird unter Resilienz im engeren Sinne die Widerstandsfähigkeit des Wasserversorgungssystems gegenüber Gefahrenereignissen gesehen. Die Beurteilung der Widerstandsfähigkeit basiert im Wesentlichen auf der zeitabhängigen Beurteilung von Versorgungsausfällen unter Ausnutzung der vorhandenen Systemkapazitäten und -steuerungsmöglichkeiten.

2.2 Methoden der Vulnerabilitäts- und Resilienzbeurteilung

Zur Ermittlung der Resilienzeigenschaften werden ökologiebasierte, technikorientierte, gesellschaftsorientierte oder ökonomiebasierten Verfahren, z. T. auch kombiniert eingesetzt [11]. Zu den technikorientierten Verfahren zählen hydraulische Modellierungen, wie z. B. Rohrnetzmodelle [12–14], und Graphen theoretische Verfahren, wie z. B. System Dynamics Modellierungen [15–18], oder das n-1-Prinzip beispielsweise nach DVGW W 399 [19] oder DVGW W 400-1 [20].

Die Risikoanalysen der Trinkwasserversorgung nach [2, 5] sind gemäß der beschriebenen Definition technikorientierte Verfahren zur Ermittlung der Resilienzeigenschaften. So sind die Ermittlung der Vulnerabilität und des Schadensausmaßes als Bestandteile der Risikoanalyse im BBK-Leitfaden [2] enthalten. Das Vorgehen der Vulnerabilitätsanalyse nach [2] ist in folgende Schritte unterteilt:

- Festlegung der zu analysierenden Komponenten,
- Überprüfung der Exposition,
- Überprüfung der Funktionsanfälligkeit,
- Überprüfung der technischen Ersetzbarkeit,
- Überprüfung der organisatorischen Ersetzbarkeit.

Im Ergebnis wird jeder Anlagenkomponente eine Vulnerabilitätsklasse zwischen I (gering) bis V (hoch) zugewiesen. Mögliche Hilfsangebote, wie z. B. Einsatz der Feuerwehr oder des Technischen Hilfswerkes, sind laut BBK [2] in die Vulnerabilitätsanalyse nicht mit einzubeziehen.

Zur Ermittlung des Schadensausmaßes gemäß [2] wird in Abhängigkeit der betroffenen Einwohner und der Dauer des Ereignisses dem Szenario über eine Matrizie eine Schadensklasse zugewiesen. Im Vergleich zu [2] sind in der DIN EN 15975-2 [5] die Arbeitsschritte einer Vulnerabilitätsanalyse und der Ermittlung des Schadensausmaßes nur sehr allgemein durch eine Risikoabschätzung beschrieben.

Praktische Erfahrungen in der Umsetzung von Risikoanalysen der Trinkwasserversorgung sind unter anderem für die Städte Leipzig [21] und Dresden [22] beschrieben. Die Arbeitsschritte der Vulnerabilitätsanalyse und die Ermittlung des Schadensausmaßes nach [2] wurden durch Bilanz-Struktur-Modelle (BSM) ergänzt. Die Beschreibung der Methodik ist jedoch auf das grundsätzliche Verfahren begrenzt. Mit Hilfe der BSM wurden die betroffenen Einwohner und verbleibende Versorgungszeiten für die technischen Systeme ermittelt.

2.3 Zielstellung

In Ergänzung der vorhandenen Instrumente der Risikoanalyse der Trinkwasserversorgung [2, 5] soll ein technikorientiertes Verfahren zur Ermittlung der Resilienzeigenschaften entwickelt werden. Gegenüber den beschriebenen Instrumenten der Literatur [11–20] sollen vor allem folgende Punkte im Fokus der Entwicklung liegen:

- Anwenderfreundlichkeit für den operativen Bereich;
- Vereinfachte Systemdarstellungen in Abhängigkeit des Gefahrenereignisses und -verlaufs unter Berücksichtigung der vorhandenen Systemkapazitäten wie die Kapazität von Wasserfassungen, Wasserwerken, Pumpwerken, Speichern, Leitungen sowie Ein- und Ausspeisepunkten;
- Ausweisung von Bilanzdefiziten und zeitabhängigen Versorgungsausfällen unter Beachtung von Kaskadeneffekten.

Die BSM beinhalten eine vereinfachte Systemdarstellung und weisen Bilanzdefizite sowie Versorgungsausfälle aus. In Anlehnung an [21, 22] soll die Modellbezeichnung übernommen und die Methodik der BSM erarbeitet werden (Kap. 3).

3 Methodik der Bilanz-Struktur-Modelle

3.1 Mathematische Operatoren

BSM bilden wasserwirtschaftliche Bilanzen in Abhängigkeit der vorhandenen Systemkomponenten und Topologie ab. Das Grundprinzip der BSM unterliegt der mathematischen Beziehung einer Mengenbilanz in Abhängigkeit der zeitlichen Änderung.

$$\frac{dS(t)}{dt} = \Sigma Q(t) = \Sigma Q_{zu}(t) - \Sigma Q_{ab}(t) \quad (1)$$

Der Minuend der Bilanz umfasst die Zuflussströme (ΣQ_{zu}), wie der Zufluss von Wassergewinnungsanlagen oder Einspeisepunkten. Der Subtrahend umfasst alle Abflussströme (ΣQ_{ab}), wie Trinkwasserverbraucher, Verluste und Ausspeisepunkte. Das Ergebnis der Bilanz wird als Differenzwert (ΣQ) ermittelt. Der Bilanzraum endet an der Systemgrenze des Versorgungsgebietes, die Zu- und Abflüsse stellen die Ströme über die Systemgrenzen dar.

Das Integral der Differenz aus Zu- und Abflüssen stellt somit die Änderung des Systemzustands über einen bestimmten Zeitraum dar. Zur Ermittlung der verbleibenden Versorgungszeit (t) sind vorhandene Speicherkapazitäten (S) zu berücksichtigen, wie z. B. Erd- oder Hochbehälter. Resultierend ist das Integral zur Änderung des Systemzustands in den Integralgrenzen vom vorhandenen Speichervolumen (S) bis zum Leerlaufen der Speicher (0) zu betrachten.

$$\int_{S_0}^0 dS = \int_0^t (Q_{zu} - Q_{ab}) dt \quad (2)$$

Für stationäre Bedingungen (Q_{zu} und $Q_{ab} = \text{konstant}$) kann ausgehend von einem Ausgangsspeichervolumen (S_0) die verbleibende Versorgungszeit (t) abgeleitet werden.

$$t = \frac{S_0}{-(Q_{zu} - Q_{ab})} \quad (3.1)$$

Im Normalbetrieb der wasserwirtschaftlichen Anlagen sollte die im betrachteten Versorgungsgebiet (Bilanzraum) eingespeiste Trinkwassermenge (Zuflüsse) dem verbrauchten Trinkwasser inkl. Verlusten (Abflüssen) entsprechen (Gleichung 3.2, Fall 1: $S > 0$; $Q_{zu} \approx Q_{ab}$). Auch für Systeme ohne Speicher wird für den Normalbetrieb ein minimales Speichervolumen zum Erhalt der mathematischen Funktion angenommen. Die Versorgung kann im Fall des Normalbetriebs dauerhaft aufrechterhalten werden und es gilt:

$$\lim_{(Q_{zu}-Q_{ab}) \rightarrow 0} t = \frac{S_0}{-(Q_{zu} - Q_{ab})} = \infty \quad (3.2)$$

Kommt es zu einem Bilanzdefizit, dann ist der Verbrauch inkl. Verluste größer als die eingespeiste Trinkwassermenge. Die Versorgung kann bis zum Leerlaufen der Speicher aufrechterhalten werden (Gleichung 3.3, Fall 2: $S > 0$; $Q_{zu} < Q_{ab}$) und es gilt:

$$t = \frac{S_0}{-(Q_{zu} - Q_{ab})} > 0 \quad (3.3)$$

Sind mehrere Speicher im System mit einem unterschiedlichen Druckniveau vorhanden, dann müssen vorhandene Kaskadeneffekte berücksichtigt werden. Die Versorgungszeit am Punkt n (t_n) ergibt sich aus der Summe der verbleibenden Versorgungszeiten der einzelnen aktiven Speicherkaskaden (Bild 1).

$$t_n = \frac{S_1}{-(Q_{zu,1} - Q_{ab,1})} + \frac{S_2}{-(Q_{zu,2} - Q_{ab,2})} + \dots + \frac{S_n}{-(Q_{zu,n} - Q_{ab,n})} \quad (3.4)$$

Einen Sonderfall stellen die Systeme ohne Speichermöglichkeiten dar, wie z. B. Unterversorgungsgebiete nach einer Druckerhöhungsstation (DEST). In diesem Fall wird in den BSM ein sofortiges Ende der Versorgung mit dem Beginn des Bilanzdefizits angenommen (Gleichung 3.5, Fall 3: $S = 0$; $Q_{zu} < Q_{ab}$) und es gilt:

$$t = \frac{S_0}{-(Q_{zu} - Q_{ab})} = 0 \quad (3.5)$$

Der theoretische Fall eines negativen Nenners der Gleichungen 3.1 bis 3.5 (Fall 4: $Q_{zu} > Q_{ab}$) wird in den BSM nicht berücksichtigt. Bei Annahme eines vollständig gefüllten Speichers führen Überschüsse beim Zufluss zu einem Behälterüberlauf und werden somit mathematisch durch erhöhte Verluste auf der Verbrauchsseite ausgeglichen.

3.2 Modelltechnische Umsetzung

Der mathematische Ansatz wurde im Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel umgesetzt. Die BSM beinhalten mehrere Systemkomponenten, diese entsprechen dem Systemaufbau des Trinkwasserversorgungsgebietes. Die Anordnung der Systemkomponenten richtet sich nach der Topologie, berücksichtigt Fließrichtungen im System und technologische Zusammenhänge, wie z. B. Druckzonen.

Zur Trinkwassereinspeisung (Zuflüsse) existieren Wasserfassungen mit dazugehörigen Wasseraufbereitungsanlagen und Einspeisepunkten. Im Trinkwassernetz befinden sich Trinkwasserspeicher, Zwischenpumpwerke und DEST. Der Trinkwasserverbrauch (Abflüsse) entsteht durch Verbrauchsgruppen und Ausspeisepunkte. Die Verbrauchsgruppen und Ausspeisepunkte schließen auch die Netzverluste ein.

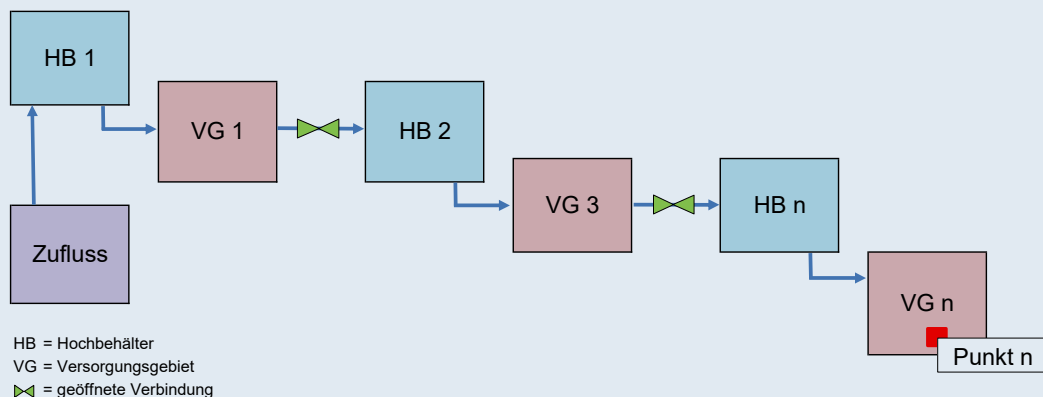
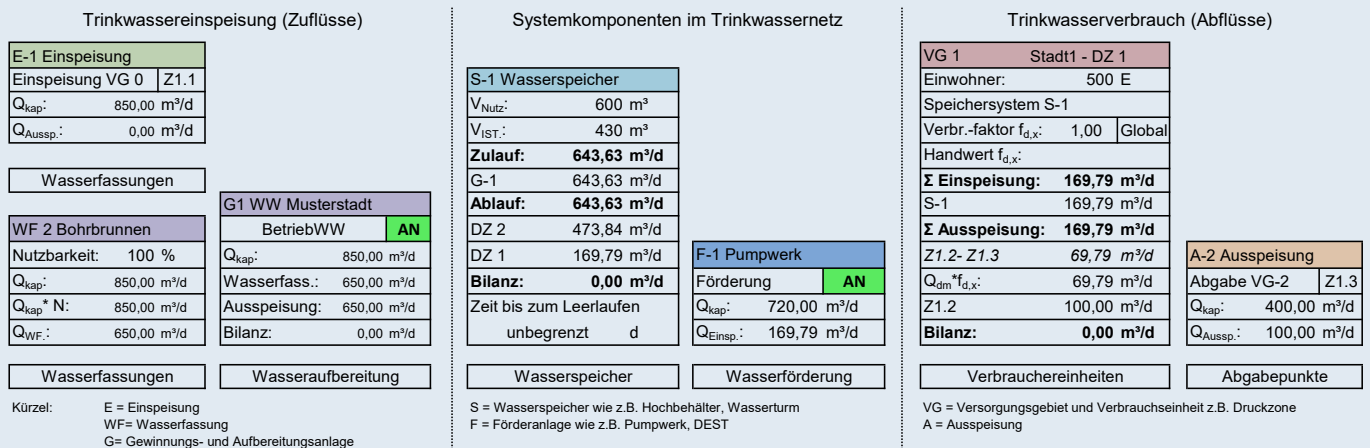


Bild 1: Berücksichtigung von Kaskadeneffekten

**Bild 2:** Systemkomponenten der BSM

Die Parametrierung erfolgt über globale Einstellmöglichkeiten für einen szenarioabhängigen Verbrauchsfaktor (f_{dx}) und die Laufzeit des betrachteten Szenarios. Der Verbrauchsfaktor wirkt über die gesamte Szenariozeit konstant und bildet Mehr- oder Mindermengen des Trinkwasserverbrauchs ab. An den Komponenten der Trinkwassereinspeisung müssen vorhandene Kapazitäten und deren Nutzbarkeit ausgewiesen werden. Die vorhandenen Kapazitäten sind technisch oder durch Rahmenvorgaben begrenzt. Die Rahmenvorgaben können z. B. durch eine wasserrechtliche Erlaubnis oder durch die Entwicklung der Grundwasserneubildung limitierend wirken. Bei den Trinkwasserspeichern sind der anzunehmende Füllgrad und das nutzbare Volumen vorzugeben. Für Pumpwerke und DEST sind die technischen Kapazitäten für die möglichen Fördermengen zu erfassen. Bei den Verbrauchereinheiten sind die versorgten Einwohner und der Trinkwasserverbrauch zu ermitteln. Die Einstellung des szenarioabhängigen Verbrauchsfaktors jeder Verbrauchereinheit kann global oder differenziert vorgegeben werden. Insbesondere bei gewerblichen oder industriellen Abnehmern können individuelle Verbrauchsfaktoren notwendig werden. Für die Ausspeisepunkte sind die vorhandenen Kapazitäten zu ermitteln. **Bild 2** zeigt die Systemkomponenten inkl. vorhandener Parametrierungselemente.

Die Auswertung der BSM erfolgt durch eine visuelle Darstellung im System und durch Gesamtbilanzen. Im **Bild 3** ist ein abstrahiertes Musterszenario zum Ausfall eines Wasserwerkes dargestellt. Das Modell im **Bild 3** enthält drei Einspeisungen, drei Speicher, eine DEST und fünf Verbrauchereinheiten sowie zwei Ausspeisepunkte.

Neben der Visualisierung und der Gesamtbilanz existieren Auswertetabellen und Versorgungsdiagramme. Die Auswertetabellen beinhalten die Anzahl der betroffenen Einwohner, sensible Verbraucher, die verbleibende Versorgungszeit und eine Abschätzung des benötigten Notwasserbedarfs.

Die Versorgungsdiagramme weisen die Zahl der betroffenen Einwohner nach Normalversorgung (grün), die Zeit bis zum Ausfall der Versorgung (gelb) und die eingetretene Versorgungsunterbrechung (rot) aus. Im **Bild 4** ist ein beispielhaftes Versorgungsdiagramm ersichtlich, bei dem das abgebildete System fünf Speicherkaskaden enthält.

Die programmtechnische Umsetzung ist in einem Mustermodell enthalten, welches über den am Ende des Berichtes angegebenen QR-Code zum Download zur Verfügung steht. Das Mustermodell beinhaltet die Verknüpfungen der Systemkomponenten, Laufzeittabellen und Makros für die Steuerelemente, wie z. B. Ein- und Ausschalter der Anlagen.

3.3. Eingangsparametrierung

Nach Erstellung der BSM sind die mittleren Trinkwasserverbrauchsmengen (Q_{am}) der Verbrauchs- und Ausspeiseeinheiten zu erfassen oder zu verknüpfen. Auf Basis des gewählten Referenzjahres werden die BSM kalibriert, dazu sind ein Verbrauchsfaktor (f_{dx}) von 1,0 und eine Laufzeit von 365 d zu wählen. Die Kalibrierung erfolgt durch einen Bilanzabgleich zwischen den System- und Realwerten. Im System werden alle Zuflüsse und Abflüsse einzeln erfasst. Der Abgleich erfolgt anschließend an der Gesamtbilanz.

Zur Ermittlung der notwendigen Systemeinstellungen sind Szenarien zur Betriebsbeeinträchtigung zu identifizieren. Dies erfolgt auf Basis der Gefahrenanalyse nach [1, 2]. Die Wirkung der Szenarien auf die Systemkomponenten kann über Vulnerabilitätsanalysen nach [2] ermittelt werden. Alternativ zur Vulnerabilitätsanalyse nach [2] können die Wirkungen der Szenarien auf die Systemkomponenten direkt in die BSM eingetragen werden.

In Abhängigkeit der Szenarien werden anschließend die Verbrauchsfaktoren, Laufzeiten und die Nutzbarkeiten der Wasserfassungen ermittelt.

Die Eingangsparametrierung für die szenarioabhängigen Verbrauchsfaktoren wird für folgende Szenarien anschließend erläutert:

- a) Ausfall von Einzelanlagen als systemrelevante Komponente, Rohrbrüche und Gefahrstoffeinträge
- b) Trockenperioden
- c) Stromausfall
 - c1) Ansatz Ersatzwasserbedarf
 - c2) Ansatz Notwasserbedarf

Bei Szenarien a) zum Ausfall von Einzelanlagen als systemrelevante Komponente, für große Rohrbrüche oder bei Gefahrstoffeinträgen ist von keiner geänderten Wassernutzung auszugehen und folglich mindestens mit Q_{dm} bzw. $f_{dm} = 1,0$ zu rechnen. Unter dem Ausfall einer systemrelevanten Komponente wird in diesem Beitrag eine Störung von gesamten Anlagen oder Anlagenteilen des Wasserversorgungssystems verstanden, so z. B. der Ausfall einer Wasserfassung, eines Wasserwerks, einer gesamten Pumpstation, eines Trinkwasserspeichers oder von Einspeisepunkten. Nicht betrachtet wurden hingegen Betriebsstörungen wie z. B. der Ausfall von einzelnen Aggregaten. Trockenperioden b) führen zu höheren Wasserverbräuchen, dies sollte mit höheren szenarioabhängigen Verbrauchsfaktoren Berücksichtigung finden. Dazu kann der maximale Trinkwasserverbrauch einer Wochenperiode ($f_{d,7}$; $Q_{d,7}$) genutzt werden (Gleichung 4 und 5). Bei Trockenperioden können auch die Nutzbarkeiten der Wasserfassungen reduziert sein. Beeinträchtigungen von Quelfassungen werden von [1] beschrieben.

$$Q_{d,7} = \frac{\text{max. Wasserverbrauch einer 7 Tagesperiode}}{7 \text{ d}} \quad (4)$$

$$f_{d,7} = \frac{Q_{d,7}}{Q_{dm}} \quad (5)$$

Im Falle c) eines langandauernden und flächendeckenden Stromausfalls kann von einem reduzierten Trinkwasserverbrauch ($f_{d,EW}$; $Q_{d,EW}$) ausgegangen werden. Im internationalen Vergleich lassen sich sehr heterogene Mengenansätze für den Wasserbedarf in Not- und Krisenfällen recherchieren [23, 24]. Aufgrund der Unsicherheiten in den Wasserverbrauchswerten scheint die Erstellung einer Wasserbedarfsanalyse für Not- und Krisenfälle keine belastbaren Daten zu liefern.

Auf nationaler Ebene wird c1) der leitungsgebundene Ersatzwasserbedarf (q_{EW}) mit 50 l/(E·d) angegeben [25, 26]. Der angegebene Pro-Kopf-Verbrauch wurde auch zur näherungsweisen Ermittlung des Gesamtwasserbedarfs in den BSM genutzt, inkl. des Industrie- und Gewerbebedarfs (Gleichung 6 und 7).

$$Q_{d,EW} = Q_{dm} \cdot f_{d,EW} \quad (6)$$

$$f_{d,EW} = \frac{q_{EW} \cdot E}{Q_{dm, \text{Haushalt und Kleingewerbe}}} \quad (7)$$

Analog zur Ermittlung des Ersatzwasserbedarfs erfolgte c2) die näherungsweise Ermittlung des Notwasserbedarfs ($Q_{d,NW}$; $f_{d,NW}$) mit den Gleichungen 8 und 9. Als Notwassermenge (q_{NW}) wurde mit 15 l/(E·d) gerechnet [25–27].

$$Q_{d,NW} = Q_{dm} \cdot f_{d,NW} \quad (8)$$

$$f_{d,NW} = \frac{q_{NW} \cdot E}{Q_{dm, \text{Haushalt und Kleingewerbe}}} \quad (9)$$

Die Begriffsdefinitionen des Ersatz- und Notwasserbedarfs sind unter [25] nachzulesen. Die Anwendung der Methodik der BSM wird im Kap. 4 am Fallbeispiel dargestellt.

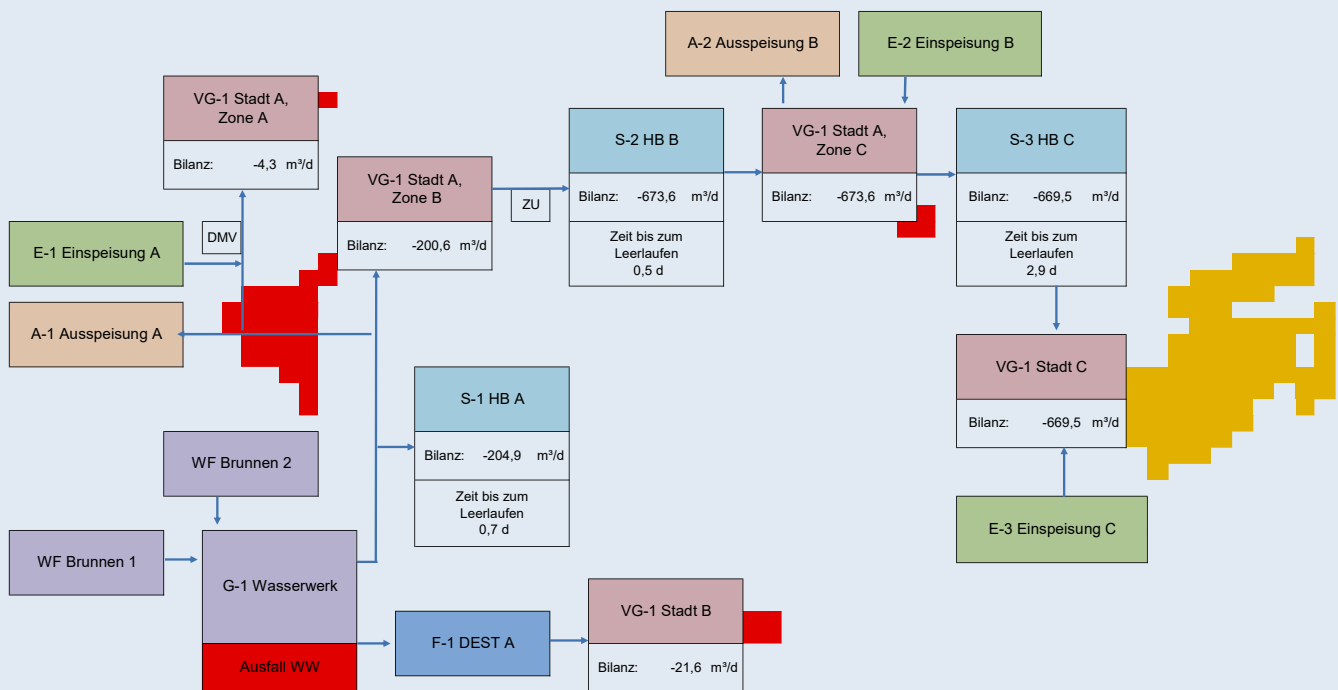


Bild 3: BSM – Musterszenario Ausfall eines Wasserwerkes (abstrahierte Darstellung)

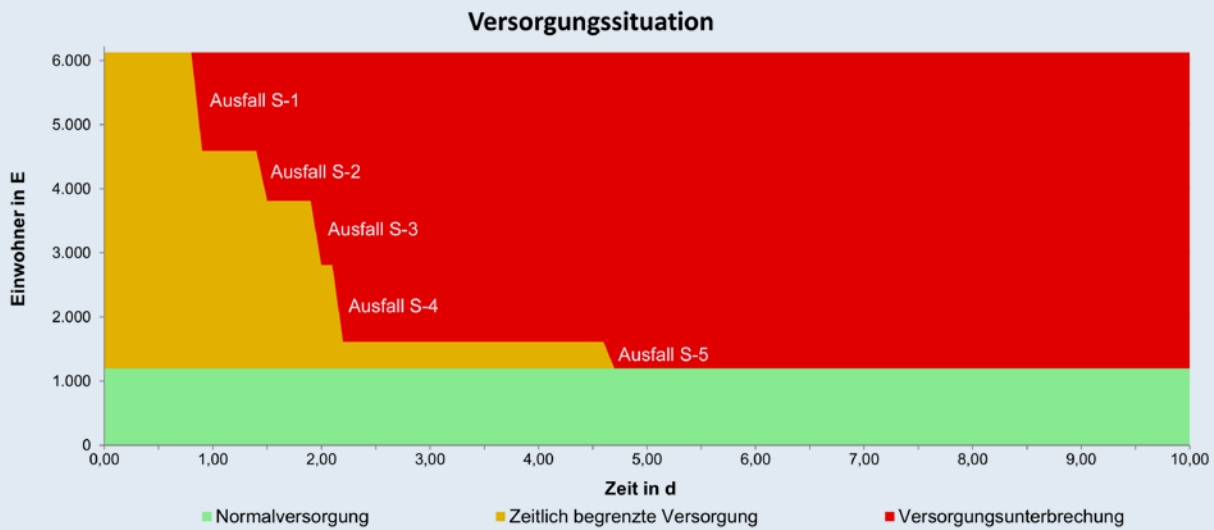


Bild 4: Versorgungsdiagramm Musterszenario

4. Fallbeispiel

4.1 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Die Süd-Oberlausitzer Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsgesellschaft mbH (SOWAG) versorgt ca. 75.000 Menschen mit Trinkwasser im Südosten von Sachsen, Deutschland. Die Versorgungsanlagen verteilen sich auf 21 Versorgungsgebiete mit 17 Wasserwerken, 40 Pumpwerken, 62 Trinkwasserspeichern, 63 Ein- und Ausspeisepunkten und 1.035 km Trinkwasserversorgungsleitungen. Inklusive vorhandener Aus- und Einspeisepunkte umfasst das Untersuchungsgebiet somit 182 Systemkomponenten ohne Verbrauchseinheiten. Weitere Informationen und die Lage des Untersuchungsgebietes werden unter anderem von Heumer [1] beschrieben.

4.2 Erstellung der BSM mit gewählten Szenarien

Die 21 Versorgungsgebiete der SOWAG wurden in 19 BSM abgebildet. Die Bilanzräume der Modelle variieren zwischen 20.470 Einwohnern mit 52 Systemkomponenten und zehn Einwohnern mit drei Systemkomponenten. Die Auswahl der Bilanzräume entspricht der Abgrenzung der Versorgungsgebiete im Normalbetrieb, bestehende Verbundleitungen wurden als Ein- und Ausspeisepunkte aufgenommen.

Als Referenzjahr wurde das Jahr 2018 ausgewählt. Aufgrund der langanhaltenden Trockenheit in 2018 lag der Trinkwasserverbrauch 6 % über dem Jahresdurchschnitt der Jahre 2013 – 2022. Angesichts des fortschreitenden Klimawandels wird die Auswahl des Referenzjahres 2018 als realistische Lastannahme für die nächsten Jahre eingeschätzt.

Zur Kalibrierung der Modelle wurde ein Referenzszenario mit dem Normalverbrauch aus dem Jahr 2018 gewählt.

In Anlehnung an [1] wurden aus den relevanten Gefahren folgende Szenarien für die untersuchten Versorgungsgebiete identifiziert:

- Gefahrstoffeintrag in eine Wasserfassung, Laufzeit 30 d, mittlerer Wasserverbrauch,

- langanhaltende Trockenperiode im gesamten Versorgungsgebiet, Laufzeit 110 d, erhöhter Wasserverbrauch,
- Rohrbruch auf einer Hauptversorgungsleitung, Laufzeit 2 d, mittlerer Wasserverbrauch,
- Ausfall einer systemrelevanten Komponente, Laufzeit 7 d, mittlerer Wasserverbrauch und
- flächendeckender Stromausfall, Laufzeit 7 d, Ersatzwasserverbrauch.

Zur Modellierung der Szenarien Gefahrstoffeintrag, Rohrbruch auf einer Hauptversorgungsleitung und Ausfall einer systemrelevanten Komponente wurde mit einem globalen Verbrauchsfaktor (f_{dm}) von 1,0 und damit mit einem durchschnittlichen Verbrauch (Q_{dm}) gerechnet.

Für das Szenario einer langanhaltenden Trockenperiode wurde von einem Rückgang der oberflächennahen Wasserfassungen auf 70 % [28] ausgegangen und mit einem Verbrauchsfaktor ($f_{d,T}$) von 1,52 gerechnet [28]. Die erhöhten Verbrauchsmengen ($Q_{d,T}$) wurden über Gleichung 4 in den BSM berechnet.

Für den flächendeckenden Stromausfall wurde der Ersatzwasserfaktor ($f_{d,EW}$) mit 0,45 nach Gleichung 7 ermittelt. Der reduzierte Trinkwasserverbrauch ($Q_{d,EW}$) ergibt sich in den BSM nach Gleichung 6.

Die Ermittlung des Notwasserbedarfs ($Q_{d,NW}$) erfolgte über Gleichung 8 und 9. Der berechnete Notwasserfaktor ($f_{d,NW}$) beträgt 0,14. Die Wirkung der Szenarien auf die Trinkwasserversorgungssysteme wurde anschließend in Vulnerabilitätsanalysen nach [2] für jede Systemkomponente ermittelt. Dazu wurden für die 182 technischen Systemkomponenten 854 Einzelanalysen durchgeführt.

Festgestellte Beeinträchtigungen aus der Vulnerabilitätsanalyse wie z. B. der Ausfall eines Wasserwerkes oder eine reduzierte Bereitstellungskapazität wurden als Systemeinstellung in die BSM übertragen.



Bild 5: Simulationsergebnisse der BSM

4.3 Ergebnisse der Modellierungen

Insgesamt wurden 90 Simulationen durchgeführt, die Ergebnisse der Modellierungen sind im **Bild 5** als Versorgungsdiagramme mit einer Laufzeit von 10 d dargestellt. Jede Zelle im **Bild 5** stellt das Simulationsergebnis eines Versorgungsgebiets dar.

Der Gefahrstoffeintrag in eine Wasserversorgung entspricht in den vorhandenen BSM dem jeweiligen Ausfall eines Wasserwerks. Fünf der betrachteten Versorgungsgebiete werden durch benachbarte Wasserversorgungsunternehmen versorgt, aus diesem Grund wurden die Szenarien zum Gefahrstoffeintrag in eine Wasserfassung dort nicht betrachtet. Versorgungsgebiete mit Verbundmöglichkeiten weisen eine höhere Resilienz aus. Kann über den Verbund der Normalverbrauch ausgeglichen werden, kommt es folglich zu keinen Versorgungsausfällen. In Versorgungsgebieten mit reduzierten oder keinen Verbundmöglichkeiten endet die Versorgung nach dem Leerlaufen der vorhandenen Speicher.

Die Szenarien der langanhaltenden Trockenperiode zeigen für einzelne Versorgungsgebiete Defizite auf. Die Simulationsergebnisse entsprechen der praktischen Erfahrung aus dem Trockenjahr 2018 [28]. In Hinblick auf die Prognosen zur Entwicklung der Grundwasserneubildung laut [1] ist künftig mit einer Zunahme der defizitären Gebiete zu rechnen.

Die Berechnungsergebnisse für die Szenarien der Rohrbrüche auf Hauptversorgungsleitungen zeigen zum Teil sofortige Versorgungsunterbrechungen. Durch zweiseitige Einspeisungen und Speichersysteme lässt sich die Trinkwasserversorgung aufrechterhalten. Aufgrund der geringen Laufzeit von maximal zwei Tagen sind in der Vergangenheit keine Not- und Krisenfälle eingetreten [28]. Die schnelle Störungsbeseitigung und damit geringe Szenariolaufzeit kann nur durch eine Havariematerialvorhaltung aufrechterhalten werden.

Die Szenarien zum Ausfall einer systemrelevanten Komponente wurden für Einspeisungen, wichtige Pumpwerke und Hochbehälter durchgeführt. Anstelle der Betrachtung eines Gefahrstoffeintrags könnte auch der Ausfall eines Wasserwerks in diesem Szenario betrachtet werden. Die Ergebnisse zeigen Versorgungsausfälle in Teil- oder gesamten Versorgungsgebieten auf. Auf der Grundlage der Simulationsergebnisse lassen sich operative und technische Ersatzmaßnahmen zur Stärkung der Resilienz ableiten.

Das kritischste Szenario ist im untersuchten Fallbeispiel der flächendeckende Stromausfall. Für alle Versorgungsgebiete entstehen beim Blackout bilanzielle Defizite und die Wasserversorgung ist zeitlich begrenzt. Aufgrund der Flächenwirksamkeit des Szenarios sind auch die Verbundmöglichkeiten und ein bilanzieller Ausgleich nicht gegeben.

Die Berechnung der je Szenario verbleibenden Versorgungszeiten und der ermittelte Notwasserbedarf können im Rahmen des Krisenmanagements unterstützend wirken. Ableitend aus dem zeitlich definierten Ende der leitungsgebundenen Wasserversorgung ergeben sich vorhandene Reaktionszeiten für die Einleitung von Gegenmaßnahmen oder Bereitstellung einer Notwasserversorgung. Aus dem Notwasserbedarf ergibt sich die notwendige Kapazität der leitungsungebundenen Notwasserbereitstellung.

5 Diskussion und Ausblick

Die BSM stellen eine aussagekräftige Ergänzung der vorhandenen Instrumente zur Vulnerabilitätsmittlung dar. Das Verfahren der BSM ersetzt komplexe hydraulische Modelle durch eine grafenbasierte semi-dynamische Bilanzierung.

Durch die vereinfachte Darstellung ist eine einfache Handhabung der Modelle in einem Tabellenkalkulationsprogramm möglich. Mit den BSM kann die Vulnerabilität betrachteter Szenarien Topologie abhängig dargestellt werden. Die Simulation der verbleibenden Versorgungszeit betroffener Einwohner sowie der sensiblen Verbraucher ermöglicht eine Prognose zum zeitabhängigen Schadensausmaß. Die Berechnungsergebnisse eignen sich nicht zur exakten Wasserbedarfsermittlung und hydraulischen Simulation. Aufgrund vorhandener Unsicherheiten des Ersatz- und Notwasserbedarfs [23–27] kann die Systemwirkung und die Ermittlung des Notwasserbedarfs nur näherungsweise ermittelt werden. Die semi-dynamischen Bilanzierungen beschränken sich auf die Berücksichtigung von Pumpwerken und Kaskadeneffekten der Behälter.

In der Auswertung des Fallbeispiels zeigt sich erwartungsgemäß die kritischste Betroffenheit im Szenario des flächendeckenden Stromausfalls. Aber auch der Ausfall von systemrelevanten Komponenten kann zu massiven Versorgungsunterbrechungen führen. Die Ursache des Ausfalls der systemrelevanten Komponenten ist im Hinblick auf die Systemwirkung vorerst unabhängig, beeinflusst aber die erforderliche Zeit bis zur Wiederherstellung des Normalbetriebs. Aufgrund der zuvor beschriebenen Erkenntnisse wird empfohlen, Szenarien zum Ausfall einer systemrelevanten Komponente und flächenwirksame Ereignisse, wie z. B. den flächendeckenden Stromausfall, vorrangig zu untersuchen.

Ein besonderes Szenario stellt die langanhaltende Trockenperiode dar. Im Fallbeispiel wird die Trinkwasserversorgung unter den derzeit vorliegenden Bedingungen in vereinzelt Versorgungsgebieten beeinträchtigt. Dabei entstehen defizitäre Gebiete, bei denen der Trinkwasserverbrauch die gewonnene Wassermenge übersteigt. Ein Ausgleich des Defizits ist im begrenzten Maße innerhalb des Versorgungsgebiets durch Speicher oder durch eine externe Zuspiesung aus einem Verbund möglich. Unter Beachtung der Klimaprojektionen [1] ist künftig mit einer Zunahme der defizitären Gebiete im Versorgungsbereich der SOWAG zu rechnen.

Neben der Vulnerabilitätsmittlung können perspektivisch mit Hilfe der BSM-Maßnahmen zur Härtung der Wasserversorgung verglichen und geplant werden. Durch den Vergleich mehrerer Möglichkeiten lassen sich operative und technische Maßnahmen zur Steigerung der Resilienz ableiten. Die größten Unsicherheitsfaktoren in der Vulnerabilitätsmittlung und in der Planung der Maßnahmen zur Härtung der Wasserversorgung mit Hilfe der BSM resultieren aus den heterogenen Angaben zum Ersatz- und Notwasserbedarf [23–27], hier bedarf es weitergehender Untersuchungen.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei der SOWAG mbH für die Unterstützung.

Literatur

- [1] Heumer, F.; Grischek, T.; Tränckner, J.: Sicherheit der Wasserversorgung – Priorisierung von Gefährdungen der Trinkwasserversorgung im Rahmen der Risikoanalyse. gwf-Wasser|Abwasser 03/2023, S. 63-75; <https://doi.org/10.17560/gwfwa.v164i3.2642>
- [2] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): Sicherheit der Trinkwasserversorgung Teil 1: Risikoanalyse. Jan. 2016. Hrsg. BBK, Bonn
- [3] World Health Organization (WHO): Guidelines for drinking water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda. Stand: 2022, Hrsg. WHO, ISBN 9789240045064
- [4] DIN EN 15975-1: Sicherheit der Trinkwasserversorgung – Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement – Teil 1: Risikomanagement. Deutsche Fassung, Stand 03/2016. Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [5] DIN EN 15975-2: Sicherheit der Trinkwasserversorgung – Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement – Teil 2: Risikomanagement. Deutsche Fassung, Stand 12/2013. Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [6] Broß, L., Wienand, I., Krause, S.: Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Teil II: Notfallvorsorgeplanung. BBK Fachinformation Praxis im Bevölkerungsschutz. Ausgabe 06/2019, Hrsg. BBK, Band 15, Bonn
- [7] Bross, L.; Wienand, I.; Krause, S.: Batten Down the Hatches – Assessing the status of emergency preparedness planning in the German water supply sector with statistical and expert-based weighting. Sustainability 2020, 12, 7177. doi:10.3390/su12177177
- [8] United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR): Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction. United Nations General Assembly A/71/644, Stand: 12/2016, Hrsg. UNDRR, Genf
- [9] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): BBK-Glossar, aufgerufen am 30.12.2022, https://www.bbk.bund.de/DE/Infothek/Glossar/glossar_node.html
- [10] Birkmann, J.: Global environmental change, natural hazards, vulnerability and disaster resilience: Necessity of a widening of perspectives in spatial planning. Raumforschung und Raumordnung | Spatial Research and Planning 2008, 66(1), 5–22. doi:10.1007/BF03184043
- [11] Broß, L.: Wasserversorgung in Notsituationen – Verfahren zur Beurteilung der Resilienz von Wasserversorgungssystemen unter Berücksichtigung der Ersatz- und Notwasserversorgung, 2020, Mitteilungen Institut für Wasserwesen Nr. 133, Hrsg. Universität der Bundeswehr München, ISBN 9783943297514
- [12] Klingel, P.: Rohrnetzanalyse – Modellierung von Wasserverteilungssystemen. 2018, Springer Vieweg, Wiesbaden, doi:10.1007/978-3-658-21270-4_9
- [13] Mayr, E.; Lukas A.; Möderl, M.; Rauch, W.; Perfler, R.: Integrales Risikomanagement für die Trinkwasserversorgung in Österreich. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 2011, 63, 82–86. doi:10.1007/s00506-011-0290-x
- [14] Zhuang, B., Lansey, K., Kang, D.: Resilience/Availability Analysis of Municipal Water Distribution System Incorporating Adaptive Pump Operation. Journal of Hydraulic Engineering 2013, 139(5), 527–537. doi:10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000676
- [15] Bross, L.; Krause, S.: Will there be enough water? A system dynamics model to investigate the effective use of limited resources for emergency water supply. Systems 2021, 9, 2. doi:10.3390/systems9010002
- [16] Daniel, D.; Prawira, J.; Al Djono, T.P.; Subandriyo, S.; Rezagama, A.; Purwanto, A.: A System dynamics model of the community-based rural drinking water supply program (PAMSIMAS) in Indonesia. Water 2021, 13, 507. doi:10.3390/w13040507
- [17] Zarghami, M.; Akbariyeh, S.: System dynamics modeling for complex urban water systems: Application to the city of Tabriz, Iran. Resources, Conservation and Recycling 2012, 60, 99–106. doi:10.1016/j.resconrec.2011.11.008
- [18] Phan, T.D.; Smart, J.C.R.; Sahin, O.; Capon, S.J.; Hadwen, W.L.: Assessment of the vulnerability of a coastal freshwater system to climatic and non-climatic changes: A system dynamics approach. Journal of Cleaner Production 2018, 183, 940–955. doi:10.1016/j.jclepro.2018.02.169
- [19] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. (DVGW): DVGW W 399 Arbeitsblatt, Ungeplante Versorgungsunterbrechung, Stand 09/2020, Bonn: Hrsg. DVGW
- [20] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. (DVGW): DVGW W 400-1 Arbeitsblatt, Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWW). Stand 10/2020, Bonn: Hrsg. DVGW
- [21] D. Hüttner, U. Winkler: Praktische Erfahrungen bei der Durchführung einer Risikoanalyse der öffentlichen Wasserversorgung für die Stadt Leipzig. Sonderdruck gwf-Wasser|Abwasser 01/2020, S. 1–5
- [22] Hüttner, D.; Kalfhaus, B.; Opitz, R.; Mucha, M.; Wienand, I.: Risikoanalyse der öffentlichen Wasserversorgung – Methoden und Erkenntnisse aus Dresden und Leipzig. BBK Bevölkerungsschutz 3/2018, S. 12–17
- [23] World Health Organization (WHO), Water, Engineering and Development Centre (WEDC): Technical notes on drinking-water, sanitation and hygiene in emergencies. Second edition: Sept. 2013, ISBN 9781843801528
- [24] Bross, L.; Krause, S.; Wannewitz, M.; Stock, E.; Sandholz, S.; Wienand, I.: Insecure Security: emergency water supply and minimum standards in countries with a high supply reliability. Water 2019, 11, 732. doi:10.3390/w11040732
- [25] Heumer, F.; Grischek, T.; Tränckner, J.: Sicherheit der Wasserversorgung – Gesetzliche Grundlagen und Zuständigkeiten aus Sicht der Wasserversorgung. gwf-Wasser|Abwasser 11/2022, S. 73–82, doi:10.17560/gwf-wa.v163i11.2624
- [26] Konzeption Zivile Verteidigung (KZV). Aug. 2016. Hrsg. Bundesministerium des Innern, Berlin.
- [27] Erste Wassersicherstellungsverordnung vom 31. März 1970 (BGBl. I S. 357)
- [28] Süd-Oberlausitzer Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsgesellschaft mbH (SOWAG): Störfalldokumentation der Trinkwasserversorgung durch die SOWAG der Jahre 2009–2022. Hrsg. SOWAG mbH, Zittau

Autoren:

Dipl.-Ing. (FH) Felix Heumer

(Korrespondenz-Autor)

SOWAG mbH Zittau

Äußere Weberstraße 43, 02763 Zittau

felix.heumer@sowag.de

Dr.-Ing. Wolfram Kritzner

Ingenieurbüro für Wasser und Boden GmbH

Turnerweg 6, 01728 Bannewitz

kritzner@iwb-possendorf.de

Prof. Dr.-Ing. Thomas Grischek

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden

Lehrgebiet Wasserwesen

Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden

thomas.grischek@htw-dresden.de

Prof. Dr.-Ing. habil. Jens Tränckner

Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät

Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock

jens.tranckner@uni-rostock.de



Download des Mustermodells

Sicherheit der Wasserversorgung

Dimensionierung eines Zwischenpumpwerks unter Beachtung von Not- und Krisenfällen

Felix Heumer, Ina Wienand, Thomas Grischek, Jens Tränckner

Eingereicht ins peer-review: 04.09.2023

Begutachtet am: 24.10.2023

Veröffentlicht: GWF- Wasser Abwasser 12-2023, S. 63-72

Risikoanalyse, Risikomaßnahmen, Härtung der Wasserversorgung, Verbundsystem, Zwischenpumpwerk

Zur Sicherstellung der Wasserversorgung, insbesondere in Not- und Krisenfällen, ist ein Ausbau der Verbundmöglichkeiten von Wasserversorgungssystemen sinnvoll. Die Bemessung der technischen Anlagen unterliegt anderen Systembedingungen gegenüber dem Normalbetrieb. So können die erforderlichen Fördermengen deutlich abweichen. Der Artikel beschreibt die Dimensionierung eines Zwischenpumpwerkes unter Beachtung des Ausbaus von Verbundmöglichkeiten zur Erhöhung der Resilienz der öffentlichen Wasserversorgung.

Water supply safety – Dimensioning of an intermediate pumping station considering emergency and crisis situations

To ensure water supply, especially in emergency and crisis situations, it is useful to expand the interconnection capabilities of water supply systems. The dimensioning of technical systems is subject to different system conditions compared to normal operation. Thus, the required pumping rates may differ significantly. The article describes the dimensioning of an intermediate pumping station taking into account the expansion of interconnection options

1 Einleitung

Auf der Grundlage von Risikoanalysen werden potenzielle Gefahren ermittelt [1, 2], Szenarien abgeleitet [2, 3] und über eine Abschätzung der Exposition die Vulnerabilität der Wasserversorgungsanlagen festgestellt [1, 2]. Im anschließenden Risikovergleich nach [2] zeigt sich das größte Schadensausmaß erfahrungsgemäß bei flächenwirksamen Ereignissen, wie z. B. einem Blackout [3–5]. Aber auch der Ausfall von systemrelevanten Komponenten kann zu signifikanten Beeinträchtigungen der Wasserversorgung führen [3–5]. Demgegenüber ergeben sich höhere Resilienzen z. B. bei einem Verbund von Versorgungssystemen oder durch Notstromabsicherung der Anlagen [3]. Neben der Errichtung von Verbundleitungen und der Beschaffung von Notstromaggregaten beschreiben Broß et al. [6] in der Fachinformation „Sicherheit der Trinkwasserversorgung Teil 2: Notfallvorsorgeplanung“ weitere Maßnahmen zur Härtung der öffentlichen Wasserversorgung.

Die potenziellen technischen Lösungen sind bekannt. Doch welche Maßnahmen zu einer effektiven Steigerung der Resilienz der öffentlichen Trinkwasserversorgung beitragen und auf welcher Grundlage Anlagen unter Beachtung der Not- und Krisenvorsorge dimensioniert werden, dies ist im Ergebnis einer Risikoanalyse

abzuleiten. Die Risikoanalyse selbst sowie die Umsetzung von vorbeugenden Maßnahmen sind dabei Teile eines ganzheitlichen Risiko- und Krisenmanagements [7–9] (**Bild 1**). Darunter gliedert sich der Inhalt des vorliegenden Artikels in die Risikobeherrschung (**Bild 1**) als Bestandteil des Risikomanagements ein. Im nachfolgenden Beitrag werden vorhandene Grundlagen der Risikoanalyse analysiert und unter Nutzung von Bilanz-Struktur-Modellen (BSM) nach [3] Maßnahmen zur Dimensionierung von Verbundsystemen am Fallbeispiel erprobt. Dabei beschränkt sich die Betrachtung im Fallbeispiel auf die Dimensionierung eines Pumpwerkes in einem bestehenden Verbundsystem.

2 Stand des Wissens und Zielstellung

2.1 Begriffsdefinitionen

In diesem Beitrag richten sich die Begriffsdefinitionen für den Normalbetrieb nach DIN 2000 [12] sowie für die Ersatz- und Notwasserversorgung nach DIN 2001-3 [13]. Hierbei meint der Begriff Normalbetrieb sämtliche Betriebsbedingungen und -prozesse, einschließlich Störungen, in der Wasserversorgung, die durch die vom Wasserversorger gewählten betriebsgewöhnlichen Mittel oder Organisationsstrukturen beherrschbar sind.

Kommt es zu einer qualitativen oder quantitativen Beeinträchtigung der Wasserversorgung im Normalbetrieb, dann kann eine zeitlich begrenzte Ersatzwasserversorgung, unter Einhaltung der Anforderungen der TrinkwV, notwendig werden.

Ist auch eine Ersatzwasserversorgung nicht mehr möglich, so verbleibt nur die Möglichkeit den lebensnotwendigen Bedarf durch eine Notwasserversorgung, mit reduzierten Qualitätsanforderungen, zu decken.

Die Definitionen des Risikos und der Resilienz richten sich nach DVGW W 1003 [11]. Die Begriffsbestimmungen der Vulnerabilität und der systemrelevanten Komponente wurden von Heumer et al. [3] übernommen.

Das Risiko wird als Produkt der Eintrittswahrscheinlichkeit und des resultierenden Schadensausmaßes einer Gefährdung der Wasserversorgung [11] definiert. Als Resilienz wird die Widerstandsfähigkeit des Wasserversorgungssystems gegenüber Gefahrenereignissen gesehen [11].

Die allgemeine Definition der Vulnerabilität aus dem Glossar des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) [14] wurde durch die Konkretisierung des Schutzgutes als „Anlagen der Trinkwasserversorgung“ genauer definiert. Somit meint der Begriff der Vulnerabilität in diesem Beitrag die Wirkung eines Gefahrenereignisses auf die Anlagen zur Trinkwasserversorgung (Schutzgut) und deren Schadensanfälligkeit [3].

In Differenzierung zum DVGW W 1003 [11] ist der Ausfall einer systemrelevanten Komponente in Bezug auf Not- und Krisenfälle zu betrachten. So beschreibt [3] die Definition wie folgt: „Eine Störung von gesamten Anlagen oder Anlagenteilen des Wasserversorgungssystems so z. B. der Ausfall einer Wasserfassung, eines Wasserwerks, einer gesamten Pumpstation, eines Trinkwasserspeichers oder von Einspeisepunkten. Nicht betrachtet wurden hingegen Betriebsstörungen wie z. B. der Ausfall von einzelnen Aggregaten“.

Die Definitionen für den Not-, Krisen-, Katastrophen- oder Verteidigungsfall richten sich nach dem BBK-Glossar [14]. Nachfolgend wird der Not-, Krisen-, Katastrophen- oder Verteidigungsfall für einen verbesserten Lesefluss als Not- und Krisenfall bezeichnet.

2.2 Rechtliche Grundlagen

Die Aufgabenträger der öffentlichen Wasserversorgung sind für den Normalbetrieb ihrer Anlagen verantwortlich [2, 6, 15]. Dabei muss die Planung, der Bau und der Betrieb der Trinkwasseranlagen nach § 50 Abs. 4 WHG [16] und nach § 17 Abs. 1 TrinkwV [17] den Anforderungen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik (a.a.R.d.T.) genügen. Die Umsetzung der gesetzlichen Forderungen nach [16, 17] werden durch das technische Regelwerk konkretisiert. Die DIN 2000 [12] inkl. der Normverweise enthalten die Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Trinkwasserversorgungsanlagen im Normalbetrieb. So werden in Bezug auf die Versorgungssicherheit in der DIN 2000 [12] Maßnahmen, wie eine redundante Auslegung von Anlagen und die Errichtung von Verbundstrukturen, beschrieben.

Mit Eintritt eines Not- und Krisenfalls geht die Verantwortung für die Gewährleistung der öffentlichen Wasserversorgung an die

Kommune, den Kreis oder den Bund über [2, 6, 15]. In diesen Ausnahmesituationen kann es zur Notwendigkeit einer Ersatz- und Notwasserversorgung kommen [2, 6, 15]. Die Anforderungen an nicht ortsfeste Anlagen zur Ersatz- und Notwasserversorgung werden in der DIN 2001-3 [13] konkretisiert.

Die Landeswasser- sowie Brand- und Katastrophenschutzgesetze zeigen in Bezug auf den Umgang mit Not- und Krisenfällen sehr heterogene Regelungsinhalte [15]. So ist für die Wasserversorgungsunternehmen (WVU) nicht immer eindeutig geregelt, ob sie in Maßnahmen zur Sicherstellung der Wasserversorgung gebührenfähig investieren können.

2.3 Dimensionierung von Wasserversorgungsanlagen

Für die Dimensionierung der Trinkwasserversorgungsanlagen im Normalbetrieb existieren unter anderem folgende a.a.R.d.T.:

- Wasserbedarfsermittlung nach DVGW W 410 [18],
- ggf. Ermittlung des Löschwasserbedarfs nach DVGW W 405 [19],
- technische Regeln für die Wasseraufbereitung nach DVGW W 202 [20],
- technische Regeln für Wasserverteilungsnetze nach DVGW W 400-1-2 [21-22],
- Planung und Bau von Wasserbehältern nach DVGW W 300-1 [23],
- Pumpensysteme nach DVGW W 610 [24] und
- Resilienz und Versorgungssicherheit nach DVGW W 1003 [11].

In den genannten Normen und Regelwerken finden sich Hinweise zur Erhöhung der Versorgungssicherheit für Betriebsstörungen, so z. B. das n-1 Prinzip für Verteilungsleitungen, die redundante Vorhaltung von Aggregaten und die Forderung der Notstromversorgung für relevante Anlagen. Weiterhin werden vom WVU Betriebsdaten im Normalbetrieb erfasst, welche für die Bemessung zur Ertüchtigung oder Erweiterung von Bestandanlagen genutzt werden können.

Kommt es zu einem Not- oder Krisenfall soll die öffentliche Wasserversorgung so lange wie möglich aufrechterhalten werden [6, 15]. Ist die Aufrechterhaltung für das gesamte Netz oder einzelne Teilbereiche nicht mehr möglich, kann eine leitungsgebundene Ersatzwasserversorgung erfolgen. Endet dagegen der leitungsgebundene Betrieb, bleibt die leitungsungebundene Ersatz- oder Notwasserversorgung. Zusammenfassend werden folgende Mindestversorgungsziele empfohlen [6, 25–27]:

Leitungsgebunden unbefristet:

- 50 Liter pro Einwohner und Tag

Leitungsungebunden für 14 Tage:

- 15 Liter pro Einwohner und Tag
- 75 Liter pro Krankenbett und Tag für Pflegeeinrichtungen
- 150 Liter pro Krankenbett und Tag für Krankenhäuser
- 40 Liter pro Großvieheinheit und Tag

In Bezug auf die Mindestversorgungsziele der sensiblen Einrichtungen und der Großvieheinheiten besteht laut BBK [27] Aktualisierungsbedarf. Ergänzend zu den Mindestversorgungszielen für die Trinkwasserbereitstellung enthält die 1. WasSV [25] auch Anforderungen zur Löschwasserbereitstellung.

Für das WVU ist zur Bemessung der leitungsgebundenen Ersatzwasserversorgung nur das Mindestversorgungsziel von 50 l pro Einwohner und Tag relevant. Auf eine Differenzierung der Bedarfsansätze verschiedener Schadensereignisse wird nicht eingegangen.

2.3 Zielstellung

Die Identifikation und Planung von effektiven Maßnahmen zur Härtung der öffentlichen Wasserversorgungsanlagen (**Bild 1**) sollte auf der Basis von Risikoanalysen [2, 3, 9] erfolgen. Unter effektiv wird verstanden, vorhandene Systemstrukturen zu berücksichtigen, mit möglichst wenigen Maßnahmen die Versorgungssicherheit zu erhöhen und die zu betreibende Anzahl an Anlagen möglichst gering zu halten.

Daraus leiten sich folgende Zielstellungen für die Maßnahmeplanung ab:

- Nutzung vorhandener Wasserversorgungsanlagen, auch zur Gewährleistung und Sicherstellung der Versorgung im Not- und Krisenfall,
- Minimierung des Eingriffs in bekannte Betriebsabläufe,
- Minimierung der Anzahl zu betreibender Anlagen bei flächenwirksamen Ereignissen, wie dem Blackout,
- Nutzung oder Erweiterung vorhandener Verbundstrukturen bzw. Schaffung neuer Verbünde,
- Entwicklung von praktikablen Planungsgrundsätzen für Not- und Krisenfälle wie z. B. Verbrauchsfaktoren, Kapazitäten oder notwendige Redundanzen.

Nach der methodischen Beschreibung wird die Dimensionierung am Fallspiel erläutert und erprobt.

3 Methodik

3.1 Bilanz-Struktur-Modelle

Das Grundprinzip der angewendeten Bilanz-Struktur-Modelle (BSM) nach [3] basiert auf wasserwirtschaftlichen Bilanzen in Abhängigkeit vorhandener Systemkomponenten und der Topologie. Die Bilanz ergibt sich aus den Zuflüssen (Wassergewinn-

ungsanlagen oder Einspeisepunkte) und den Abflüssen (Trinkwasserverbraucher, Verluste und Ausspeisepunkte) laut **Gleichung 1.1** [3].

$$\frac{dS(t)}{dt} = \Sigma Q(t) = \Sigma Q_{zu}(t) - \Sigma Q_{ab}(t) \quad (1.1)$$

Der Bilanzraum endet an der Systemgrenze des Versorgungsgebietes (VG), die Zu- und Abflüsse stellen die Ströme über die Systemgrenzen dar [3]. In der Betrachtung eines erweiterten Bilanzraums werden die Systemgrenzen verschoben, so dass mehrere VG in einer gemeinsamen Bilanz betrachtet werden (Kap. 3.2).

Aus dem Integral der Differenz aus Zu- und Abflüssen ergibt sich die Änderung des Systemzustands [3]. Unter Berücksichtigung vorhandener Speichervolumen, kann über die **Gleichung 2** [3] die verbleibende Versorgungszeit ermittelt werden.

$$t = \frac{S_0}{-(Q_{zu} - Q_{ab})} \quad (2)$$

Eine Fallunterscheidung zur Gleichung 2 und die modelltechnische Umsetzung der BSM im Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel werden von Heumer et al. in [3] beschrieben.

3.2 Bestimmung des erweiterten Bilanzraums

Auf der Basis von BSM nach [3] erfolgten Simulationen der Systemwirkung, um so die effektivsten Maßnahmen zu ermitteln. Insbesondere wenn in den betrachteten Versorgungsgebieten Überkapazitäten vorhanden waren oder eine Verbrauchsreduzierung betrachtet wurde, existierten Möglichkeiten der gebietsübergreifenden Versorgung. Die Verbrauchsreduzierung ergab sich in Abhängigkeit des Szenarios, so z. B. bei einer Ersatzwasserversorgung bei einem flächendeckenden Stromausfall.

In der Planung der Maßnahmen wurden vorhandene und potenzielle Verbundstrukturen berücksichtigt. So wurde in den BSM ein erweiterter Bilanzraum über mehrere Versorgungsgebiete betrachtet (**Bild 2, Gleichung 1.2**). Dies erfolgte auch durch Verknüpfung der Ein- und Ausspeisepunkte.

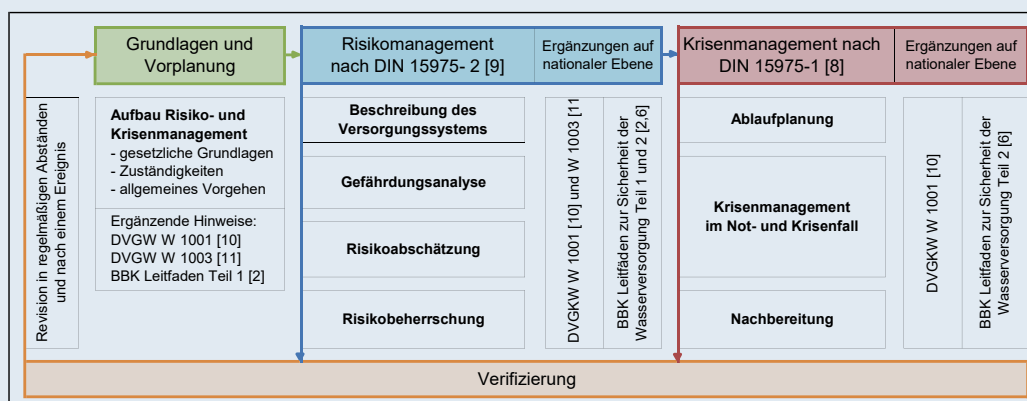


Bild 1: Übersicht zur Notfallvorsorgeplanung der Trinkwasserversorgung

Tabelle 1: Wasserbedarfsermittlung für Not- und Krisenfälle

Szenario	Verbrauchsfaktor (f_{dx}) nach [3]	Wasserbedarf (Q_{dx}) nach [3]	Bemerkungen
Ausfall systemrelevante Komponente	$f_{dm} = 1,0$	Q_{dm}	kein geändertes Verbrauchsverhalten
Rohrbruch	$f_{dm} = 1,0$	Q_{dm}	kein geändertes Verbrauchsverhalten
Gefahrstoffeintrag	$f_{dm} = 1,0$	Q_{dm}	kein geändertes Verbrauchsverhalten
Trockenperioden	$f_{d,7} = \frac{Q_{d,7}}{Q_{dm}}$ (3.1)	$Q_{d,7} = f_{d,7} \cdot Q_{dm}$ (3.2)	erhöhter Verbrauch
flächendeckender Stromausfall	$f_{d,EW} = \frac{q_{EW} \cdot E}{Q_{dm,Haushalt \text{ und Kleingewerbe}}}$ (4.1)	$Q_{d,EW} = Q_{dm} \cdot f_{d,EW}$ (4.2)	geminderter Verbrauch, $q_{EW} = 50 \text{ l/(E*d)}$, Pauschalisierung Industrie- und Gewerbebedarf

$$\frac{dS(t)}{dt} = \Sigma Q(t) = \Sigma Q_{zu,1}(t) - \Sigma Q_{ab,1}(t) + \Sigma Q_{zu,2}(t) - \Sigma Q_{ab,2}(t) + \dots + \Sigma Q_{zu,n}(t) - \Sigma Q_{ab,n}(t) \quad (1.2)$$

Im Ergebnis der Simulation wurden unter Berücksichtigung vorhandener Systemkapazitäten Schwachstellen im Verbundsystem dargestellt. So kann z. B. die Kapazität eines Pumpwerkes für den Normalbetrieb ausreichen, aber für die Bedarfsabdeckung im Not- oder Krisenfall zu gering dimensioniert sein. Das Ergebnis der Simulation eines erweiterten Bilanzraumes ermöglichte zusätzlich kumulierte Auswertungen als Globalübersicht des Schadensausmaßes.

Die vorhandenen Druckverhältnisse wurden in der Modellierung mit den BSM [3] nur eingeschränkt berücksichtigt. Daraus ergab sich die Notwendigkeit, Druckdifferenzen an den Systemgrenzen zu prüfen. Wurde ein Druckausgleich notwendig, dann müssen druckausgleichende Maßnahmen, wie z. B. Druckmin-

derer oder Druckerhöhungsstationen, in der Planung und Umsetzung berücksichtigt werden.

3.2 Berechnungsgrundsätze

Trinkwasserversorgungsanlagen sind nach den a.a.R.d.T. für den Normalbetrieb auszulegen (siehe Kap. 2.1–2.2). Abweichend zu den a.a.R.d.T. [18, 21–24] wurde zur Berücksichtigung von Not- und Krisenfällen ein geänderter Wasserbedarf über Verbrauchsfaktoren und Formeln nach [3] ermittelt. Die **Tabelle 1** bietet einen Überblick zu den betrachteten Szenarien, angewendeten Formeln (**Gleichung 3.1, 3.2, 4.1, 4.2**) und Bemerkungen zu den gewählten Grundlagen der Wasserbedarfsermittlung.

Der maßgebende Förderstrom in der Planung der Anlagen ergibt sich anschließend aus dem Vergleich der Dimensionierung nach den a.a.R.d.T und der Dimensionierung für Not- und Krisenfälle. Dabei wurden in der Planung der Maßnahmen zur Bewältigung von Not- und Krisenfällen die vollen technischen Kapazitäten und keine Redundanzen berücksichtigt.

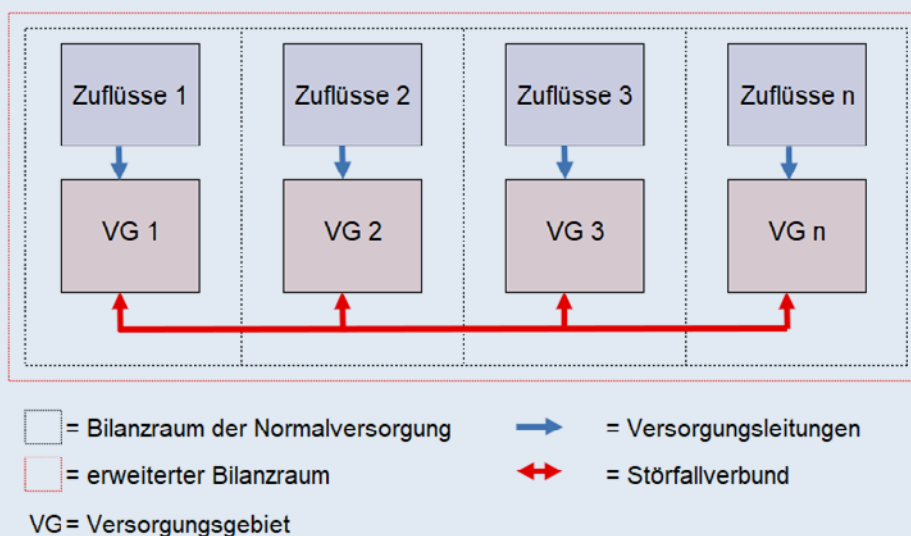


Bild 2: Darstellung eines erweiterten Bilanzraumes

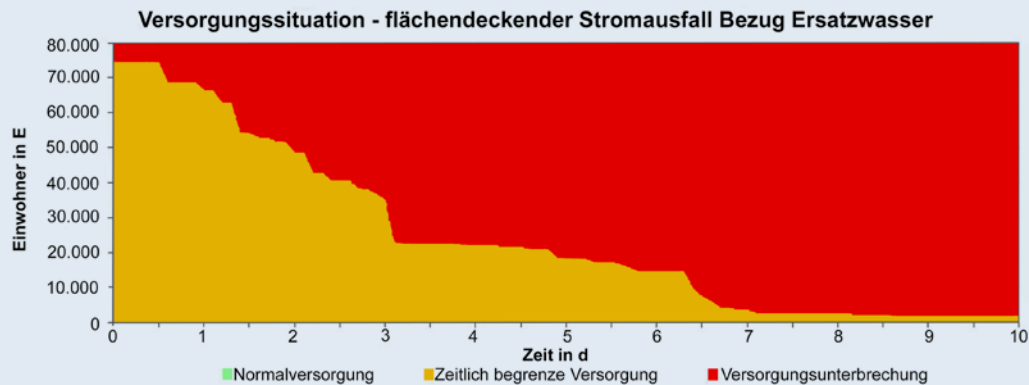


Bild 3: Versorgungssituation flächendeckender Stromausfall

4. Fallbeispiel

4.1 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Die Süd-Oberlausitzer Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsgesellschaft mbH (SOWAG) befindet sich im Südosten von Sachsen, Deutschland. Das WVU versorgt ca. 75.000 Menschen mit Trinkwasser. Die Versorgungsstruktur ist ländlich geprägt und verteilt sich auf 21 Versorgungsgebiete mit 17 Wasserwerken, 40 Pumpwerken, 62 Trinkwasserspeichern, 63 Ein- und Ausspeisepunkten und 1.035 km Trinkwasserversorgungsleitungen [3]. So ergeben sich in der Summe 182 Systemkomponenten der Trinkwasserversorgungsanlagen. Weitere Informationen und die Lage des Untersuchungsgebietes werden von Heumer et al. [1] beschrieben.

Zur Analyse eines erweiterten Bilanzraumes sowie zur Planung und Umsetzung von Maßnahmen der Wasserhärterung existieren für alle Versorgungsgebiete BSM nach [3] und eine Risikoanalyse für die gesamte SOWAG.

4.2 Erweiterte Bilanzraumbetrachtung

Die Risikoanalyse aus dem Fallbeispiel [3] zeigt hohe Vulnerabilitäten für den Ausfall von systemrelevanten Komponenten und den flächendeckenden Stromausfall. Dies entspricht auch den Ergebnissen vergleichbarer Untersuchungen (Kap. 1).

In der Betrachtung des erweiterten Bilanzraumes über alle 21 Versorgungsgebiete ergeben sich die Berechnungsergebnisse für den flächendeckenden Stromausfall nach **Bild 3** (reduzierter Verbrauchsansatz nach **Gleichung 4.1** und **4.2**).

Das Simulationsergebnis zeigt, dass nach drei Tagen 70 % und nach sieben Tagen 97 % der Einwohner nicht weiter versorgt werden können.

Bei Betrachtung des erweiterten Bilanzraumes wurden der Ausbau von Verbundleitungen für elf Versorgungsgebiete und die Erweiterung von zwei Zwischenpumpwerken als effektivste Maßnahmen identifiziert. Mit Umsetzung der Maßnahmen können bei einem flächendeckenden Stromausfall bis zu 60.000 Einwohner (E) bzw. 75 % der Verbraucher mit einer leitungsgebundenen Ersatzwasserversorgung durch den Betrieb von nur zwei Zwischenpumpwerken und einem Wasserwerk versorgt werden (**Bild 4**). Bei den verbleibenden Verbrauchern wird nach 3,0 d für 13 % und nach 7,0 d für 23 % die Wasserversorgung enden.

Zur Umsetzung der Maßnahmen müssen die vorhandenen Kapazitäten der Zwischenpumpwerke erweitert und für die Szenarien zum Ausfall des Hauptwasserwerkes im Versorgungsgebiet A (ca. 20.000 E, zwei Krankenhäuser) sowie zur Schaffung von Verbundmöglichkeiten angrenzender Versorgungsgebiete dimensioniert werden (**Bild 4**). Eine komplette Versorgung im Ge-

Tabelle 2: Angrenzende Versorgungsgebiete

Versorgungsgebiet	Q_{dm} in m ³ /d	Q_{dm} in m ³ /h	$Q_{d,7}$ in m ³ /d	$Q_{d,7}$ in m ³ /h
B	keine Förderung durch das ZPW			
C	643,6	26,8	978,3	40,8
D	1.337,8	55,7	2.033,5	84,7
E	360,8	15,0	548,4	22,9
E-H*	389,4	16,2	591,9	24,7
E-I*	865,6	36,1	1.315,7	54,8
F	710,9	29,6	1.080,6	45,0
G	93,2	3,9	141,7	5,9

*erweiterter Verbund zum nächsten Versorgungsgebiet

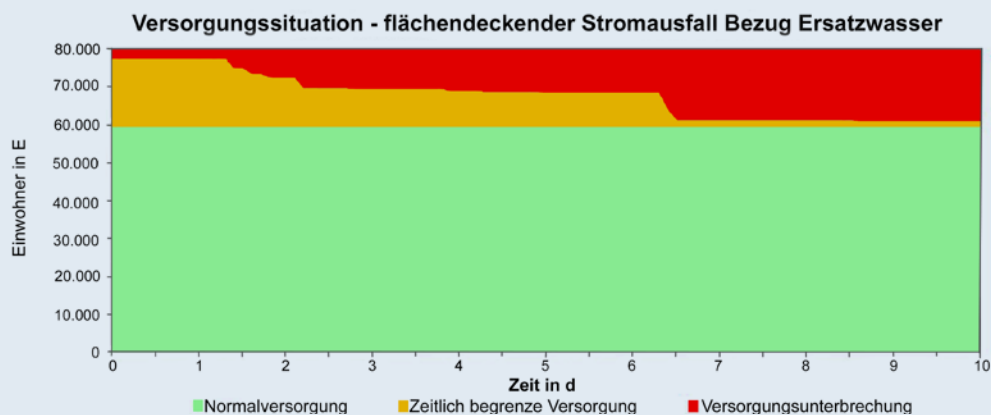


Bild 4: Versorgungsdiagramm Ausbau des Verbundsystems

biet A ist bei Ausfall des Wasserwerkes bisher nur teilweise und beim Ausfall der Wasserwerke angrenzender Versorgungsgebiete nicht gesichert. Die Zielstellungen aus Kap. 2.3 konnten im genannten Beispiel vollständig umgesetzt werden.

Die Neudimensionierung der Anlagen wird am Beispiel eines der Zwischenpumpwerke im Kap. 4.3 erläutert.

4.3 Beispiel der Neudimensionierung eines Zwischenpumpwerkes

4.3.1 Beschreibung der technischen Anlage

Zur Einordnung des Zwischenpumpwerks in die geplante Versorgungsstruktur und zur Visualisierung des erweiterten Bilanzraums wurde eine schematische Darstellung erstellt (Bild 5).

Im Normalbetrieb versorgen das Zwischenpumpwerk und das Wasserwerk die Versorgungsgebiete (VG) A und B (Bild 5 – blau dargestellte Leitungen). Hierfür sind die Anlagen dimensioniert und erfüllen die Anforderungen des DVGW-Regelwerkes [18, 21–24]. So wird im Normalbetrieb des Zwischenpumpwerks das Trinkwasser wahlweise in die Förderrichtung A gepumpt oder über eine Regelstrecke in Richtung B durchgeleitet.

In Betrachtung des erweiterten Bilanzraumes wurde ein Störfallverbund der VG C-I (Bild 5 – rot dargestellte Leitungen) geprüft. Im Ergebnis sind die vorhandenen Kapazitäten zur Abdeckung der betrachteten Szenarien zu gering und sollen erweitert werden. Zur Ermittlung des bemessungsrelevanten Lastfalls werden die Ersatzwassermenge für den flächendeckenden Stromausfall, der Ausfall des Hauptwasserwerkes und der Ausfall von angrenzenden Versorgungsgebieten betrachtet (Kap. 4.3.2).

4.3.2 Dimensionierung der Anlage

Die Dimensionierung der Pumpen in Förderrichtung A erfolgt für die Lastfälle

- Normalversorgung,
- langanhaltende Trockenperiode im Versorgungsgebiet A,
- Ausfall der Versorgungsanlagen angrenzender Versorgungsgebiete und
- Ersatzwassermenge für den flächendeckenden Stromausfall.

Für den Normalbetrieb soll die Förderung energieeffizient und redundant erfolgen. Mit Einwohnerzuwachs ist aufgrund der demographischen Entwicklung in der Region nicht zu rechnen. Für

Tabelle 3: Ermittlung Ersatzwassermenge Förderrichtung A

Versorgungsgebiet	Q _{dm} in m³/d	Q _{d,EW} in m³/d	Q _{d,EW} in m³/h
A	2239,6	1.007,8	
B	keine Förderung durch das ZPW		
C	643,6	289,6	
D	1337,8	602,0	
E	360,8	162,4	
E-H**	389,4	175,2	
E-I**	865,6	389,5	
F	710,9	319,9	
G	93,2	41,9	
Summe	6.640,9	2.988,4	124,5

**erweiterter Verbund zum nächsten Versorgungsgebiet

Tabelle 4: Kostenfeststellung Umbau ZPW

KG/ OZ*	Leistung	GP in €
300	Bauwerk und Baukonstruktionen	3.500,00
400	Bauwerk Technische Anlagen	75.600,00
700	Baunebenkosten	12.500,00
Gesamt in € (Netto)		91.600,00
MwSt. 19,00 % in €		17.404,00
Gesamt in € (Brutto)		109.004,00

* Kostengruppe nach DIN 276 [28]

die Szenarien der Risikobetrachtung wurde keine Redundanz oder Reserve eingeplant.

a) Normalversorgung

In der Normalversorgung wird das Versorgungsgebiet über das Wasserwerk versorgt und nur im Bedarfsfall zusätzlich Trinkwasser über das Zwischenpumpwerk eingespeist (**Bild 5 – blau dargestellte Leitungen**). Die tägliche Fördermenge des Zwischenpumpwerkes schwankt zwischen 0 m³/d und 2.040 m³/d. Die mittlere tägliche Fördermenge liegt bei 639,6 m³/d. Aufgrund der großen Schwankungsbreite und zur Reduzierung von Druckspitzen sollte die Pumpanlage als mehrstufige Anlage mit großem Regelbereich und Frequenzumrichter ausgelegt werden. Bei einer vierstufigen Anlage sollte die Förderung der 2.040 m³/d mit drei Stufen möglich sein, die vierte Stufe ist als Redundanz vorzuhalten. Bei dieser Dimensionierung müssen die drei Stufen einen Förderstrom von insgesamt 85 m³/h gewährleisten. Die Betrachtung von Stundenspitzen ist aufgrund der vorhandenen Hochbehälter im Versorgungsgebiet A nicht notwendig.

b) Langanhaltende Trockenperiode im Versorgungsgebiet A

Im Szenario der Trockenperiode im Versorgungsgebiet A kann es aufgrund von oberflächennahen Grundwasserfassungen zum Ausfall des Wasserwerkes kommen. Der Ausfall soll durch Fernwasserbezug kompensiert werden. Als Datengrundlage wird das Referenzjahr 2018 mit einer längeren Trockenperiode genutzt. Der durchschnittliche TW-Verbrauch basiert ebenfalls auf den Daten von 2018. Der Wochen-Spitzenfaktor $f_{d,7}$ wird mit 1,52 angesetzt, dieser Faktor wurde aus den Betriebsdaten des Versorgers ermittelt (**Tabelle 1, Gleichung 3.1**).

Die erforderliche Kapazität wurde mit Gleichung 3.2 (siehe **Tabelle 1**) berechnet.

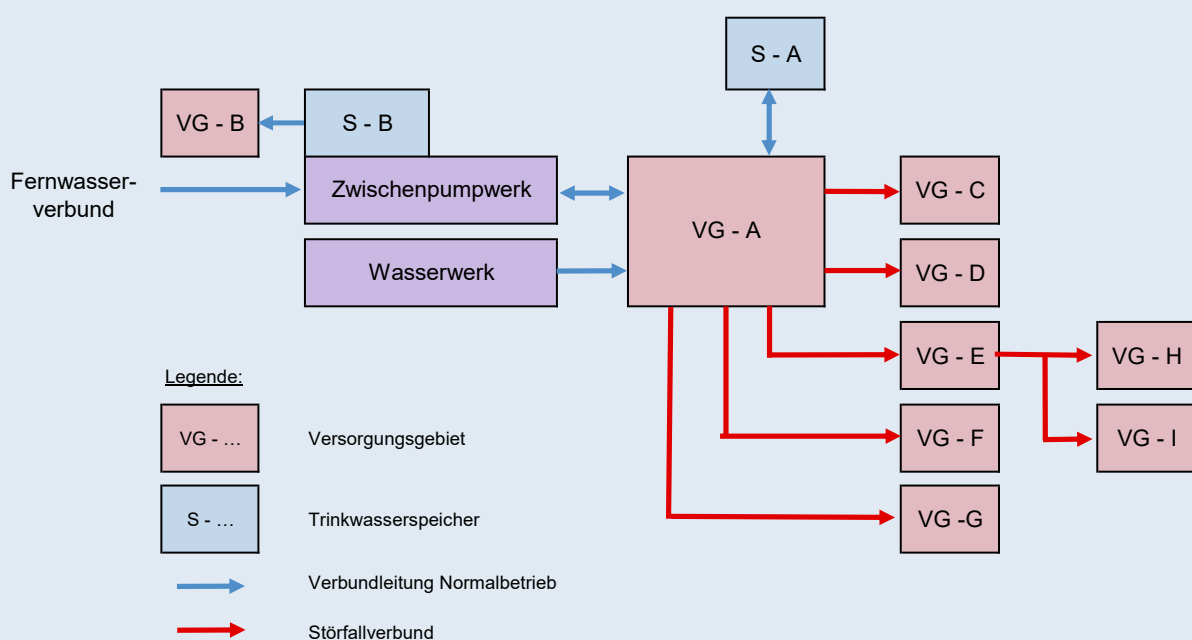
$$Q_{d,7} = \frac{2.239,6 \text{ m}^3}{d} \cdot 1,52 = 1,52 = 3.404,2 \text{ m}^3/d \quad (3.2)$$

Für den Ausfall des Wasserwerkes ergibt sich somit ein mittlerer Förderstrom von 141,8 m³/h.

c) Angrenzende Versorgungsgebiete

Es wurden Szenarien zum Ausfall angrenzender Wasserwerke untersucht (**Bild 5 – Einzelbetrachtung der rot dargestellten Leitungen**). Das jeweilige Defizit soll über das Versorgungsgebiet A kompensiert werden. Betrachtet wird dabei nur das Versorgungsgebiet mit dem höchsten Trinkwasserverbrauch, so ist auch eine Havarieversorgung der weiteren Versorgungsgebiete abgesichert. Die **Tabelle 2** enthält eine Übersicht angrenzender Versorgungsgebiete inkl. des durchschnittlichen und maximalen Trinkwasserverbrauchs, berechnet als Wochenmittelwert.

Maßgebend für die Bemessung ist das Versorgungsgebiet D. Der benötigte Förderstrom ergibt sich aus dem Trinkwasserbedarf der Versorgungsgebiete A und D abzüglich der eingespeis-

**Bild 5:** Einordnung des Zwischenpumpwerkes in die Versorgungsstruktur

ten Menge des Wasserwerkes im Versorgungsgebiet A (**Gleichung 5**). Zur Berechnung der notwendigen Fördermenge wurde von einer mittleren Wasserproduktion im Wasserwerk im Versorgungsgebiet A und von einem durchschnittlichen Verbrauchsverhalten ausgegangen.

$$Q_{dm,A} + Q_{dm,D} - Q_{dm,WW} = Q_{dm,ZPW \text{ Ausfall D}} \\ 2.239,6 \text{ m}^3/\text{d} + 1.337,8 \text{ m}^3/\text{d} - 1.600 \text{ m}^3/\text{d} = 1.977,4 \text{ m}^3/\text{d} \quad (5)$$

Der benötigte Förderstrom beträgt 82,4 m³/h.

d) Ersatzwassermenge für den flächendeckenden Stromausfall

Die Fördermenge für den flächendeckenden Stromausfall ergibt sich aus der leitungsgebundenen Ersatzwassermenge. Für die Ermittlung wurden die BSM mit einem erweiterten Bilanzraum unter Beachtung des möglichen Störfallverbundes genutzt (**Bild 5 – blau und rot dargestellte Leitungen**). Die Berechnung eines Ersatzwasserfaktors erfolgte mit **Gleichung 4.1**

$$f_{d,EW} = 50 \text{ l}/(\text{E} \cdot \text{d}) / 111 \text{ l}(\text{E} \cdot \text{d}) = 0,45 \quad (4.1)$$

Die ermittelten Ersatzwassermengen nach **Gleichung 4.2** sind in der **Tabelle 3** als Übersicht der Versorgungsgebiete im Verbund dargestellt.

Die Betrachtung von Stundenspitzen ist aufgrund der vorhandenen Hochbehälter im Versorgungsgebiet A nicht notwendig. Somit ergibt sich für den flächendeckenden Stromausfall ein notwendiger Förderstrom von 124,5 m³/h.

Bemessungsrelevanter Lastfall

Für den Normalbetrieb muss die Anlage eine Förderkapazität von 85 m³/h gewährleisten, dabei ist mindestens eine Stufe als Redundanz in einer vierstufigen Anlage vorzuhalten.

Der bemessungsrelevante Lastfall ergibt sich aus dem Szenario einer langanhaltenden Trockenperiode im Versorgungsgebiet A mit dem resultierenden Ausfall der oberflächennahen Grundwasserfassungen. Der benötigte Förderstrom beträgt in diesem Fall 141,8 m³/h. Damit kann der Wasserbedarf in allen betrachteten Szenarien vollständig abgedeckt werden.

Die vier Stufen wurden baugleich ausgewählt, somit werden die Forderung der Redundanz für den Normalbetrieb und der maximale Förderstrom für die langanhaltende Trockenperiode gewährleistet.

4.3.3 Investitionskostenübersicht

Ergänzend zur technischen Planung des Zwischenpumpwerkes sind in der **Tabelle 4** die Investitionskosten für den Umbau angegeben (gerundete Werte). Die Umsetzung wurde aus Mitteln der Wassersicherstellung (WasSG) im Rahmen des Konjunkturprogramms des Bundes 2022 teilfinanziert.

5 Zusammenfassung und Diskussion

Die Resilienz der leitungsgebundenen Wasserversorgung kann durch einen erweiterten Planungshorizont gesteigert werden.

Dazu müssen Verbundmöglichkeiten geprüft und Anlagen auch für Not- und Krisenfälle bemessen werden.

Die Identifizierung der Maßnahmen ist Teil des Risiko- und Krisenmanagements [2, 7–9] und erfolgt qualifiziert auf der Basis von Risikoanalysen [1–6]. Hierbei können die BSM nach [3] durch Betrachtung eines erweiterten Bilanzraumes die Maßnahmeplanung unterstützen, wobei sich die Betrachtung auf Mengenbilanzen unter Berücksichtigung der Topologie beschränkt. Die dadurch identifizierten Maßnahmen sollten vorhandene Systemstrukturen berücksichtigen und so einen leitungsgebundenen Betrieb mit einer minimalen Anzahl an Anlagen ermöglichen, dies gilt insbesondere für flächenwirksame Schadensereignisse, wie einen Blackout.

Die gebührenfähige Umsetzung von Maßnahmen zur Härtung der öffentlichen Wasserversorgung ist nicht bundeseinheitlich geregelt [15], dies erschwert die Umsetzung beim WVU weil die Finanzierung nicht immer gesichert ist.

Zur Dimensionierung der Anlagen existieren für den Normalbetrieb fundierte Vorgaben im technischen Regelwerk [18–24]. Gleichzeitig kann für Bestandsanlagen auf vorhandene Betriebsdaten zurückgegriffen werden. Bei ausreichender Verfügbarkeit der unternehmenseigenen Daten, sollten diese vorrangig zur Ermittlung des Wasserbedarfs und der Spitzenfaktoren genutzt werden. Demgegenüber werden Vorgaben für eine leitungsgebundene Mindestversorgung gemäß [25–27] auf 50 l/(E·d) konkretisiert, wobei die Versorgung so lange wie möglich aufrechterhalten werden soll [6, 15]. Zudem zeigen sich im internationalen Vergleich sehr heterogene Mengenansätze der Ersatz- und Notwasserversorgung [29, 30]. So existiert z. B. in der Regelwerkempfehlung des Schweizerischen Vereins des Gas- und Wasserfaches (SVGW) W1012d [31] eine Zielstellung von 100 l/(E·d) für eine eingeschränkte leitungsgebundene Versorgung. Und die Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (ÖVGW) beschreibt in der Richtlinie W 74 [32] die Erstellung eines Wasserbedarfsplans, in welchem die leitungsgebundene Wassermenge für Not- oder Krisenfälle zu ermitteln ist. Die Mengenangaben der Notwasserversorgung bewegen sich zwischen 3 und 20 l/(E·d). Noch größere Differenzen existieren in der Notversorgung von Krankenhäusern mit einem Bereich von 40 bis 300 l/(Patient·d).

Weiterhin ist laut [6, 30] eine systemabhängige Mindestversorgungs menge zu beachten, welche über hydrodynamische Simulationen ermittelt wird. Durch die Beachtung der Mindestversorgungs menge werden unzulässige Unterdrücke und damit der Eintrag von hygienisch belastetem Wasser wie z. B. Löschwasser vermieden. Die Simulationsergebnisse werden durch das Verbrauchsverhalten beeinflusst. So scheint ein reduzierter Verbrauchsansatz für das Szenario eines flächendeckenden Stromausfalls und der damit eingeschränkten Warmwasserbereitung richtig, aufgrund von fehlenden Daten ist jedoch eine genaue Bedarfsermittlung nicht möglich. Dagegen wird z. B. der Ausfall einzelner Anlagen im Versorgungssystem zu keinem geänderten Verbrauchsverhalten führen.

Zur Berücksichtigung von Not- und Krisenfällen in der Bemessung der Trinkwasserversorgungsanlagen werden folgende Planungsgrundsätze vorgeschlagen:

- Risikoanalysen der Wasserversorgungssysteme unter Beachtung von relevanten Gefahren nach [1],
- Aufrechterhaltung des Betriebes mit einer minimalen Anzahl an Anlagen,
- Verzicht auf einen Mindestversorgungsdruck,
- Ausnutzung der vollen technischen Kapazität ohne Berücksichtigung von Redundanz für den Not- und Krisenfall,
- szenarioabhängige Verbrauchsansätze nach **Tabelle 1** [3].

Die Umsetzung dieser Planungsgrundsätze wurden am Fallbeispiel erprobt. Durch die Berücksichtigung des Not- und Krisenfalls in der Planung von Trinkwasserversorgungsanlagen reduziert sich die Ausfallwahrscheinlichkeit.

Weiterhin wurde im Ergebnis aufgezeigt, dass durch die Errichtung von Verbundsystemen die Anzahl der benötigten Anlagen reduziert und dass durch (geringfügige) Kapazitätserweiterungen die Resilienz des Versorgungssystems erhöht werden kann. In diesem Kontext stellen staatliche Anreizfinanzierungen zur Härterung der öffentlichen Wasserversorgung ein geeignetes Instrument zur Erhöhung der Versorgungssicherheit in Extremsituationen dar.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei der SOWAG mbH für die Unterstützung.

Literaturverzeichnis

- [1] Heumer, F.; Grischek, T.; Tränckner, J.: Sicherheit der Wasserversorgung – Priorisierung von Gefährdungen der Trinkwasserversorgung im Rahmen der Risikoanalyse. gwf-Wasser/Abwasser 03/2023, S. 63–75, doi: 10.17560/gwfw.v164i3.2642
- [2] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): Sicherheit der Trinkwasserversorgung Teil 1: Risikoanalyse. Jan. 2016. Hrsg. BBK, Bonn.
- [3] Heumer, F.; Kritznier, W.; Tränckner, J., Grischek, T.: Sicherung der Wasserversorgung – Vulnerabilitätsmittlungen der Trinkwasserversorgung im Rahmen der Risikoanalyse. gwf-Wasser/Abwasser 09/2023, S.71– 79, doi: 10.17560/gwfw.v164i09.2671
- [4] Hüttner, D.; Winkler, U.: Praktische Erfahrungen bei der Durchführung einer Risikoanalyse der öffentlichen Wasserversorgung für die Stadt Leipzig. Sonderdruck gwf-Wasser/Abwasser 01/2020, S. 1–5.
- [5] Hüttner, D.; Kalfhaus, B.; Opitz, R.; Mucha, M.; Wienand, I.: Risikoanalyse der öffentlichen Wasserversorgung – Methoden und Erkenntnisse aus Dresden und Leipzig. BBK Bevölkerungsschutz 3/2018, S. 12–17.
- [6] Broß, L.; Wienand, I.; Krause, S.: Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Teil II: Notfallvorsorgeplanung. BBK Fachinformation Praxis im Bevölkerungsschutz. Ausgabe 06/2019, Hrsg. BBK, Band 15, Bonn.
- [7] World Health Organization (WHO): Guidelines for drinking water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda. Stand 2022, Hrsg. WHO, ISBN 9789240045064.
- [8] DIN EN 15975-1: Sicherheit der Trinkwasserversorgung – Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement – Teil 1: Krisenmanagement. Deutsche Fassung, Stand 03/2016. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [9] DIN EN 15975-2: Sicherheit der Trinkwasserversorgung – Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement – Teil 2: Risikomanagement. Deutsche Fassung, Stand 12/2013. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [10] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. (DVGW): Technischer Hinweis – Merkblatt DVGW M 1001 (M) Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Risiko- und Krisenmanagement. Stand 11/2020, WVGW-Verlag, Bonn.
- [11] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. (DVGW): Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW W 1003 (A) Resilienz und Versorgungssicherheit in der öffentlichen Wasserversorgung. Stand 06/2022, WVGW-Verlag, Bonn.
- [12] DIN 2000 Zentrale Trinkwasserversorgung – Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Versorgungsanlagen. Ausg. 02/2017, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [13] DIN 2001-3 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. Ausg. 12/2015, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [14] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): BBK-Glossar, aufgerufen am 02.06.2023, https://www.bbk.bund.de/DE/Infothek/Glossar/glossar_node.html
- [15] Heumer, F.; Grischek, T.; Tränckner, J.: Sicherheit der Wasserversorgung – Gesetzliche Grundlagen und Zuständigkeiten aus Sicht der Wasserversorgung. gwf-Wasser/Abwasser 11/2022, S. 73–82, doi:10.17560/gwfw.v163i11.2624
- [16] Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3901) geändert worden ist.
- [17] Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 2016 (BGBl. I S. 459), die zuletzt durch Artikel 99 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist
- [18] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. (DVGW): Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW W 410 (A) Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen. Stand 12/2008, WVGW-Verlag, Bonn.
- [19] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. (DVGW): Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW W 405 (A) Bereitstellung von Löschwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung. Stand 02/2008, WVGW-Verlag, Bonn.
- [20] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. (DVGW): Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW W 202 (A) Technische Regeln Wasseraufbereitung (TRWA) – Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Anlagen zur Wasseraufbereitung. Stand 03/2010, WVGW-Verlag, Bonn.
- [21] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. (DVGW): Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW W 400-1 (A) Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) Teil 1: Planung. Stand 02/2015, WVGW-Verlag, Bonn.
- [22] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. (DVGW): Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW W 400-2 (A) Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) Teil 2: Bau und Prüfung. Stand 08/2022, WVGW-Verlag, Bonn.
- [23] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. (DVGW): Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW W 300-1 (A) Trinkwasserbehälter; Teil 1: Planung und Bau. Stand 10/2014, WVGW-Verlag, Bonn.
- [24] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. (DVGW): Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW W 610 (A) Pumpensysteme in der Trinkwasserversorgung. Stand 03/2010, WVGW-Verlag, Bonn.
- [25] Erste Wassersicherstellungsverordnung vom 31. März 1970 (BGBl. I S. 357).
- [26] Konzeption Zivile Verteidigung (KZV). Aug. 2016. Hrsg. Bundesministerium des Innern, Berlin.
- [27] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): Rahmenkonzept der Trinkwassernotversorgung – Neukonzeption zur Anpassung an veränderte Rahmenbedingungen in Anlehnung an die Konzeption zivile Verteidigung. Stand 02/2022. Hrsg. BBK, Bonn.
- [28] DIN 276 Kosten im Bauwesen. Ausg. 12/2018, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [29] World Health Organization (WHO), Water, Engineering and Development Centre (WEDC): Technical notes on drinking-water, sanitation and hygiene in emergencies. Second edition: Sept. 2013, ISBN 9781843801528.

- [30] Bross, L.; Krause, S.; Wannewitz, M.; Stock, E.; Sandholz, S.; Wienand, I.: Insecure Security: Emergency Water Supply and Minimum Standards in Countries with a High Supply Reliability. *Water* 2019, 11, 732, doi:10.3390/w11040732
- [31] Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches (SVGW): Empfehlung W1012 d (vormals W/VN300 d) – Wegleitung für die Planung und Realisierung der Trinkwasserversorgung in Notlagen (TWN), Stand 02/2007, Hrsg. SVGW, Zürich.
- [32] Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (ÖVGW): Richtlinie W74 – Trinkwassernotversorgung – Erfolgreiches Krisenmanagement in der Wasserversorgung, Stand 02/2017, Hrsg. ÖVGW, Wien.

Autoren:

Dipl.-Ing. (FH) Felix Heumer

(Korrespondenz-Autor)

SOWAG mbH Zittau

Äußere Weberstraße 43, 02763 Zittau,

felix.heumer@SOWAG.de

Dr. Ina Wienand

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
Provinzialstr. 9, 53127 Bonn

ina.wienand@bbk.bund.de

Prof. Dr.-Ing. Thomas Grischek

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden

Lehrgebiet Wasserwesen

Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden

thomas.grischek@htw-dresden.de

Prof. Dr.-Ing. habil. Jens Tränckner

Universität Rostock

Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät

Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock

jens.tranckner@uni-rostock.de

Sicherheit der Wasserversorgung – Blackout Vorsorge

Pilotprojekt der Dieselbevorratung

Felix Heumer, Ina Wienand, Thomas Grischek, Jens Tränckner

Eingereicht ins Peer-Review-Verfahren: 01.03.2024

Begutachtet am: 11.03.2024

Veröffentlicht: GWF- Wasser Abwasser 04-2024, S. 74-84

Risikoanalyse, Risikomaßnahmen, Härtung der Wasserversorgung, Stromausfall, Treibstoffversorgung

Die Trinkwasserversorgung ist von der Stromversorgung abhängig, da elektrische Energie für den Betrieb der Anlagen und Ausrüstungen benötigt wird. Können die betreffenden Wasserversorgungsanlagen im Falle einer Unterbrechung der Elektroenergieversorgung nicht mit Notstromanlagen versorgt werden, endet die leitungsgebundene Versorgung mit Trinkwasser. Für den Betrieb der Netzersatzanlagen wird Treibstoff benötigt, der in ausreichender Menge vorgehalten werden muss. Die Vorhaltung kann durch eine Betriebstankstelle abgesichert werden. Zur Errichtung der Anlagen müssen diverse Rahmenbedingungen und Anforderungen identifiziert und berücksichtigt werden. Welche das sind und wie die Umsetzung erfolgt, wird im nachfolgenden Beitrag am Pilotprojekt „Errichtung einer Betriebstankstelle zur Dieselbevorratung“ erläutert. Die beschriebenen Arbeitsschritte sind in einer Checkliste zusammengefasst. Ergänzend werden Formeln und ein Excel-Tool für die Dieselbedarfsermittlung bereitgestellt.

Water supply safety – Blackout prevention – pilot project for diesel storage

The drinking water supply is dependent on the power supply, as electrical energy is required to operate the systems and equipment. If the relevant water supply systems cannot be supplied with emergency power systems in the event of an interruption to the electrical power supply, the piped supply of drinking water ends. Fuel is required to operate the emergency power systems and must be kept in sufficient quantities. The supply can be secured by a company filling station. Various framework conditions and requirements must be identified and taken into account for the construction of the systems. What these are and how they are implemented is explained in the following article on the pilot project “Construction of a company filling station for diesel storage”. The work steps described are summarized in a checklist. Formulas and an Excel tool for determining diesel requirements are also provided.

1 Einleitung

Überregionale und langandauernde Stromausfälle (Blackouts) sind in Deutschland wenig wahrscheinlich, können jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden [1, 2]. Kommt es zu einem derartigen Szenario, ist mit Ausfällen in der leitungsgebundenen Trinkwasserversorgung zu rechnen. Die hohe Vulnerabilität der Trinkwasserversorgungssysteme bei einem flächendeckenden und langanhaltenden Stromausfall wurde durch Risikoanalysen verschiedener Autoren [3–6] bestätigt. Die Resilienz der Trinkwasserversorgungssysteme lässt sich durch die Bereitstellung von Notstromaggregaten steigern [7, 8]. Doch welche Treibstoffmenge sollte durch das Wasserversorgungsunternehmen (WVU) vorgehalten werden und welche Grundlagen sind bei der Planung, der Errichtung und dem Betrieb der Anlagen zur Treibstoffbevorratung zu berücksichtigen?

Zur Beantwortung der Fragestellungen werden nachfolgend die planerischen und organisatorischen Grundlagen analysiert. Die Analyse beschränkt sich auf den Betrieb von Notstromaggregaten mit Dieseldieselkraftstoff (Diesel) und die daraus resultierende Vorhaltungsmenge. Die Ergebnisse werden in einer Checkliste und einem Excel-Tool zusammengefasst und am Pilotprojekt erprobt.

2 Stand des Wissens und Zielstellung

2.1 Begriffsdefinitionen

Diesel ist ein flüssiger Kraftstoff, welcher zum Großteil aus Kohlenwasserstoffen besteht. Die Zusammensetzung des Diesels wird in der DIN EN 590 [9] beschrieben. Nach dieser enthält Diesel bis zu 7 % Fettsäuremethylester (FAME) als sogenannten Biodieselanteil.

Der Biodieselanteil ist auszuweisen. So wird ein Diesel, welcher bis 7 % FAME enthält, als B-7 Diesel bezeichnet. Diesel ohne biogenen Anteil wird als B-0 Diesel beschrieben. Der Biodieselanteil wirkt sich negativ auf die Lagerfähigkeit aus [10].

Der Begriff der **Eigenverbrauchstankstelle** wird durch die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) [11] definiert. Nach [11] sind Eigenverbrauchstankstellen Lager- und Abfüllanlagen, welche für die Öffentlichkeit nicht zugänglich sind, die für die Kraftstoffversorgung von betriebseigenen Fahrzeugen und Geräten genutzt werden, deren Jahresabgabe 100 m³ nicht übersteigt und die ausschließlich vom Betreiber bedient werden.

Der Begriff **Katastrophenschutz** (KatS) wird gemäß Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) wie folgt definiert [12]: „...landesrechtliche Organisationsformen der kommunalen und staatlichen Verwaltungen in den Ländern zur Gefahrenabwehr bei Katastrophen, bei der alle an der Gefahrenabwehr beteiligten Behörden, Organisationen und Einrichtungen unter einheitlicher Führung durch die örtlich zuständige Katastrophenschutzbehörde zusammenarbeiten.“

2.2 Dimensionierung einer Eigenverbrauchstankstelle

Maßgebend für die Bemessung der Mindestlagermenge an Diesel sind vor allem die zu betreibenden Trinkwasserversorgungsanlagen und die Dauer zur Aufrechterhaltung der Notstromversorgung im Falle eines flächendeckenden Stromausfalls.

Dabei sollte die Anzahl der zu betreibenden Trinkwasserversorgungsanlagen auf ein Minimum reduziert werden [8].

Die Notstromversorgung sollte mindestens 72 h aufrechterhalten werden können. Die Empfehlung ergibt sich aus dem Rahmenkonzept zur Trinkwassernotversorgung und dem Leitfaden zur Notstromversorgung des BBK [13, 14]. Abweichende Forderungen können sich aus landesrechtlichen Regelungen ergeben. Nach Ablauf der 72 h sollte durch das WVU eine Nachbetankung organisiert werden. Dies kann über den KatS oder auch über regionale Mineralöllieferanten organisiert werden [1, 7, 14].

Informationen zur Ermittlung des Treibstoffbedarfs können dem Leitfaden für die Planung, Einrichtung und den Betrieb einer Notstromversorgung in Unternehmen und Behörden des BBK

[14] entnommen werden. Spezifische Information für WVU sind jedoch nur eingeschränkt enthalten.

Weiterhin ist aufgrund der begrenzten Haltbarkeit des Diesels ein Nutzungskonzept zum Austausch des Tankinhaltes zu entwerfen [10]. Alternativ wird die Verwendung von schwefelarmem Heizöl nach DIN 51603 empfohlen [10]. Zur Verwendung des Heizöls wird eine Freigabe des Motorenherstellers benötigt. Die Rechtsgrundlagen für den Heizölbetrieb finden sich laut [10]: „in § 2 Abs. 3 i.V.m. § 3 Abs. 1 Nr. 1 des Energiesteuergesetzes (EnergieStG)“.

Das Heizöl darf jedoch nur in ortsfesten Anlagen und nicht für den Betrieb von Betriebsfahrzeugen oder Baumaschinen eingesetzt werden [10].

2.3 Anforderungen an den Bau und Betrieb einer Eigenverbrauchstankstelle

Diesel ist ein wassergefährdender Stoff der Wassergefährdungsklasse WGK 2 [15]. Die Errichtung und der Betrieb einer Eigenverbrauchstankstelle unterliegen daher besonderen Anforderungen. Die baulichen Anforderungen werden im Arbeitsblatt DWA-A 781 [16] beschrieben. Bei vollständiger Überdachung oder der Errichtung in einem Gebäude kann ein Leichtflüssigkeitsabscheider entfallen und damit die Abfüllfläche als Rückhaltung genutzt werden. **Bild 1** zeigt eine Bodenbeschichtung und Aufkantung zur Errichtung einer Abfüllfläche.

Vor Beginn der Baumaßnahme ist für die Dieseltankstelle eine Eignungsfeststellung nach § 63 Abs. 1 WHG [17] zu erstellen. Alternativ zur Eignungsfeststellung kann das Gutachten eines Sachverständigen nach § 41 Abs. 2 AwSV [11] vorgelegt werden. Aus dem Gutachten nach § 41 Abs. 2 AwSV [11] muss klar hervorgehen, dass dem Sachverständigen die abschließende Planung vorlag und er auf deren Grundlage zum Ergebnis kommt, dass alle Anlagenteile in ihrem Zusammenwirken die Gewässerschutzanforderungen erfüllen. Auf der Grundlage der Eignungsfeststellung oder des Gutachtens muss anschließend die Anlage der Unteren Wasserbehörde angezeigt werden.

Vor der Inbetriebnahme ist gemäß § 46 Abs. 2 AwSV [11] eine Sachverständigenprüfung durchzuführen. Der Nachweis zur Sachverständigenprüfung ist zu dokumentieren und sichtbar an der Anlage zu kennzeichnen (**Bild 2**).



Bild 1: Bodenbeschichtung und Aufkantung zur Errichtung einer Abfüllfläche



Bild 2: Nachweis der Sachverständigenprüfung

Tabelle 1: Gefährdungsstufen [18]

Volumen (V) in m ³		Wassergefährdungsklasse		
		WGK 1	WGK 2	WGK3
	≤ 0,2	Stufe A	Stufe A	Stufe A
> 0,2	≤ 1	Stufe A	Stufe A	Stufe B
> 1	≤ 10	Stufe A	Stufe B	Stufe C
> 10	≤ 100	Stufe A	Stufe C	Stufe D
> 100	≤ 1000	Stufe B	Stufe D	Stufe D
> 1000		Stufe C	Stufe D	Stufe D

Die Dieseltankstelle muss nach § 39 AwSV [11] eingestuft und in einem Register erfasst werden. Ergänzend sind landesspezifische Anforderungen zu berücksichtigen so z. B. § 6 der SächsVAWS [18]. Die Gefährdungsstufen ergeben sich im Wesentlichen aus der **Tabelle 1**.

Nach § 44 Abs. 4 der AwSV [11] sind zur Kennzeichnung für Anlagen der Gefährdungsstufe A oder Eigenverbrauchstankstellen der Gefährdungsstufe B Merkblätter zu Betriebs- und Verhaltensvorschriften zu erstellen. Ab der Gefährdungsstufe B oder Eigenverbrauchstankstellen der Gefährdungsstufe C ergeben sich weitere Pflichten nach § 44 Abs. 1–3 der AwSV [11] und § 9 SächsVAWS [18]. Die Fachbetriebs- und Prüfpflichten der Anlagen ergeben sich aus den § 45–46 AwSV [11]. Grundsätzlich hat der Betreiber die Dichtheit und Funktionsfähigkeit der Sicherheitseinrichtungen vor der Inbetriebnahme und anschließend regelmäßig zu kontrollieren. Dies erfolgt z. B. durch eine Leckageüberwachung (**Bild 3**).

Fachbetriebspflichten und Sachverständigenprüfungen sind bei allen unterirdischen Anlagen und bei Anlagen mit flüssigen Stoffen ab der Gefährdungsstufe B durchzuführen. Bei Bedarf sind weitergehende Anforderungen den genannten Regelungen zu entnehmen.

Der Betreiber einer Eigenverbrauchstankstelle ist gemäß § 43 AwSV [11] verpflichtet, eine Anlagendokumentation zu führen. Die Dokumentation beinhaltet mindestens Betriebsanleitungen, Bauartzulassungen oder Zertifikate der verbauten Anlagenkomponenten und Nachweise des ordnungsmäßigen Betriebes, wie z. B. wiederkehrende Prüfungen oder Nachweise der Instandsetzung. Weiterhin unterliegt die Eigenverbrauchstankstelle auch während des Betriebes der Anzeigepflicht nach § 40 Abs. 1 AwSV [11]. Dies bedeutet, dass wesentliche Änderungen (z. B. Erneuerungen, Umrüstungen) an der Anlage, deren endgültige Stilllegung oder ein Betreiberwechsel der Unteren Wasserbehörde anzuzeigen sind.

2.4 Zielstellung

Die Vorhaltung von Diesel ist ein Bestandteil der Blackout Vorsorge für viele WVU. Die Bemessung der Treibstoffvorhaltung hängt von der Dauer der Aufrechterhaltung der Notstromversorgung und der notwendigen Elektroenergie zur Aufrechterhaltung des Betriebs der Trinkwasserversorgungsanlagen ab. Zusätzlich unterliegen Bau und Betrieb der Anlagen den Anfor-

**Bild 3:** Leckageüberwachung

derungen zur Lagerung und Verteilung von wassergefährdenden Stoffen.

Ziel dieses Fachbeitrags ist es, vorhandene Grundlagen zur Dieselbevorratung zusammenzustellen und diese für WVU spezifisch aufzubereiten. Für die Bedarfsermittlung wurden neben der Maschinentechnik der Notstromaggregate auch hydromechanische Zusammenhänge und Gegebenheiten des Betriebs der Trinkwasserversorgungsanlagen berücksichtigt. Basierend auf der Recherche wurden eine Checkliste und ein Excel-Tool zur Dieselbedarfsermittlung für WVU entwickelt. Die Anwendung der Methodik wurde am Fallspiel erprobt und ist im Kap. 4 beschrieben.

3 Methodik

3.1 Dieselbedarfsermittlung zur Wasserförderung

Für die Berechnung des Dieselverbrauchs des Notstromaggregats (V_{kW}) [l/h] werden der spezifische Treibstoffbedarf der Maschine (V_{spez}) [g/kWh]; die Dichte des Diesels (ρ_{Diesel}) [kg/l], zur Umrechnung des Massestroms und die erforderliche elektrische Leistung (P_{El}) [kW] für den Notstrombetrieb benötigt [19]. V_{spez} wird von den Motorenherstellern [20–24] angegeben (**Bild 4**) und bezieht sich auf die bereitgestellte mechanische Leistung am Schwungrad (P_G) [kW].

Zur Ermittlung von P_{El} ist der Wirkungsgrad des Generators zu berücksichtigen. **Gleichung 1:**

$$P_{El} = P_G * \eta_G \quad (1)$$

Wirkungsgradangaben sind in der **Tabelle 2** aufgeführt [20–24]. Die angegebene elektrische Leistung der Notstromaggregate wird vom Hersteller meist als Scheinleistung (S) [kVA] und nicht als Wirkleistung (P) [kW] angegeben. Die Scheinleistung beinhaltet die Blindleistung (Q) [kW]. Die Umrechnung von S zu P erfolgt über **Gleichung 2** [19].

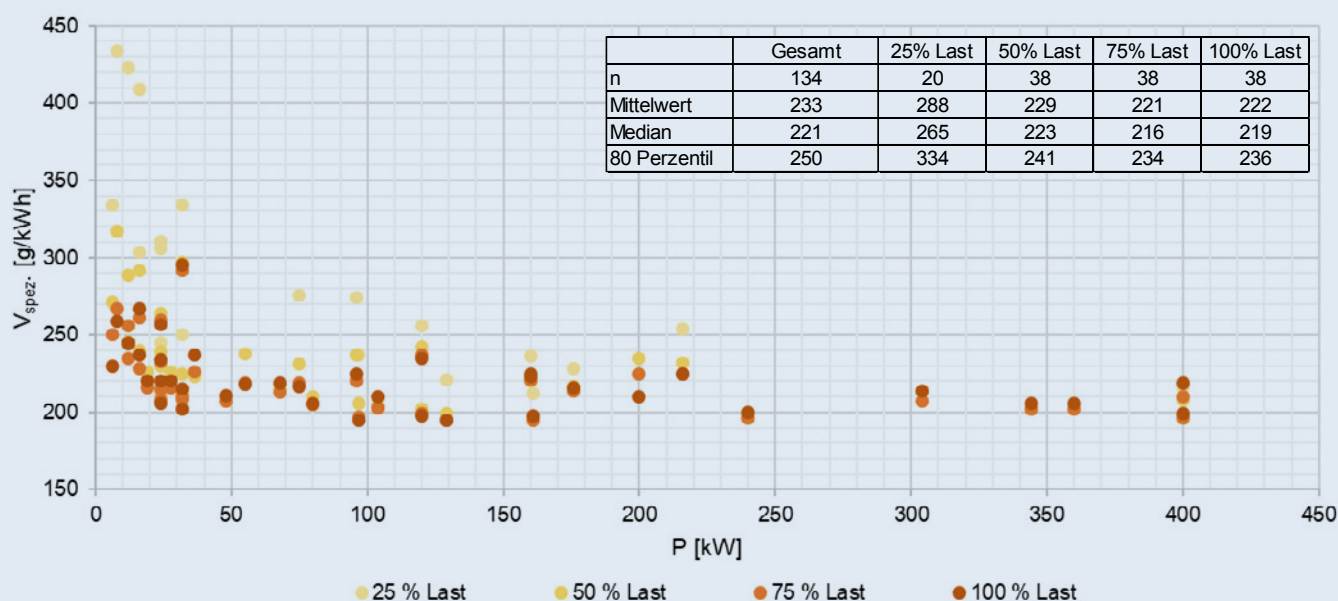


Bild 4: Spezifischer Dieselverbrauch von Notstromaggregaten

$$P = S * (\cos \varphi) \quad (2)$$

Die Angabe von $(\cos \varphi)$ ist auf dem Typenschild der elektrischen Verbraucher, wie z. B. Pumpen, ersichtlich. Die Hersteller der Notstromaggregate [20–24] geben $\cos \varphi$ mit 0,8 an, daraus ergibt sich die vereinfachte **Gleichung 3** zur Berechnung der Wirkleistung.

$$P = S * 0,8 \quad (3)$$

In der Ermittlung von P_{Elt} [kW] sind die zu betreibenden Maschinen und zusätzlich die Leistung der Hilfsaggregate (P_{Hilf}) [kW] zu berücksichtigen, so z. B. Lüfter in der Maschinenhaube des Notstromaggregats. Gleiches gilt für zusätzliche elektrische Verbraucher, wie z. B. Elektroheizungen, Klimaanlage oder Gebäudebelüftungen.

Die Ermittlung von P_{Elt} kann durch Messung in der Elektroanlage, Herstellerangaben oder durch Berechnung erfolgen. Zu berücksichtigen ist, dass in der Elektroanlage Verluste z. B. durch Frequenzumrichter entstehen können. Die Leistung der Pumpe (P_p) [kW] bezieht sich auf den Leistungsbedarf des Elektromotors. Zur Erzeugung der hydraulischen Leistung (P_{Hyd}) [kW] entstehen in der Pumpe und durch den Motor weitere Verluste.

Die Berechnung von P_{Hyd} [W] erfolgt über **Gleichung 4** [25]. Dabei werden der Durchfluss (Q) in m^3/s , die Dichte des Wassers (ρ_{Wasser}) in kg/m^3 , die Energiehöhendifferenz (h_F) in mWS und die Erdbeschleunigung (g) in m/s^2 angegeben.

$$P_{\text{Hyd}} = Q * \rho_{\text{Wasser}} * h_F * g \quad (4)$$

Tabelle 2: Wirkungsgrade der Generatoren in Notstromaggregaten

	Gesamt	25% Last	50% Last	75% Last	100% Last
n	82	19	21	21	21
Mittelwert	89,6	86,7	89,6	91,2	90,8
Median	89,1	87,0	90,7	92,5	92,2
80 Perzentil	93,3	89,4	92,9	94,0	93,4
20 Perzentil	86,6	83,6	85,6	87,8	87,4

In der Praxis wird der Durchfluss meist in m^3/h angegeben. Bei Zusammenfassung der erforderlichen Einheitenumrechnung und der Ortskonstante g lässt sich P_{Hyd} in [kW] vereinfachend mit der **Gleichung 5** berechnen.

$$P_{\text{Hyd}} = \frac{Q * \rho_{\text{Wasser}} * h_F * g}{3600} = \frac{Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) * h_F (\text{mWS})}{367} \quad (5)$$

Die Kausalität und der Leistungsfluss sind im **Bild 5** dargestellt. Die Wirkungsgradangaben wurden aus der einschlägigen Fachliteratur zusammengestellt, für den Dieselmotor aus [20–24] und für die Elektroanlage und die Pumpentechnik aus [19, 26, 27]. Die Berechnung des Treibstoffbedarfs kann mit folgenden Gleichungen erfolgen:

Gleichung 6 – P_{Elt} bekannt

$$V_{\text{kW}} = \frac{V_{\text{spez}}}{\rho_{\text{Diesel}}} * P_G = \frac{V_{\text{spez}}}{\rho_{\text{Diesel}}} * \frac{(P_{\text{Hilf}} + P_{\text{Elt}}) / \cos \varphi}{\eta_G} \quad (6)$$

$$= \frac{V_{\text{spez}}}{\rho_{\text{Diesel}} * \eta_G} * (P_{\text{Hilf}} + P_{\text{Elt}}) / \cos \varphi$$

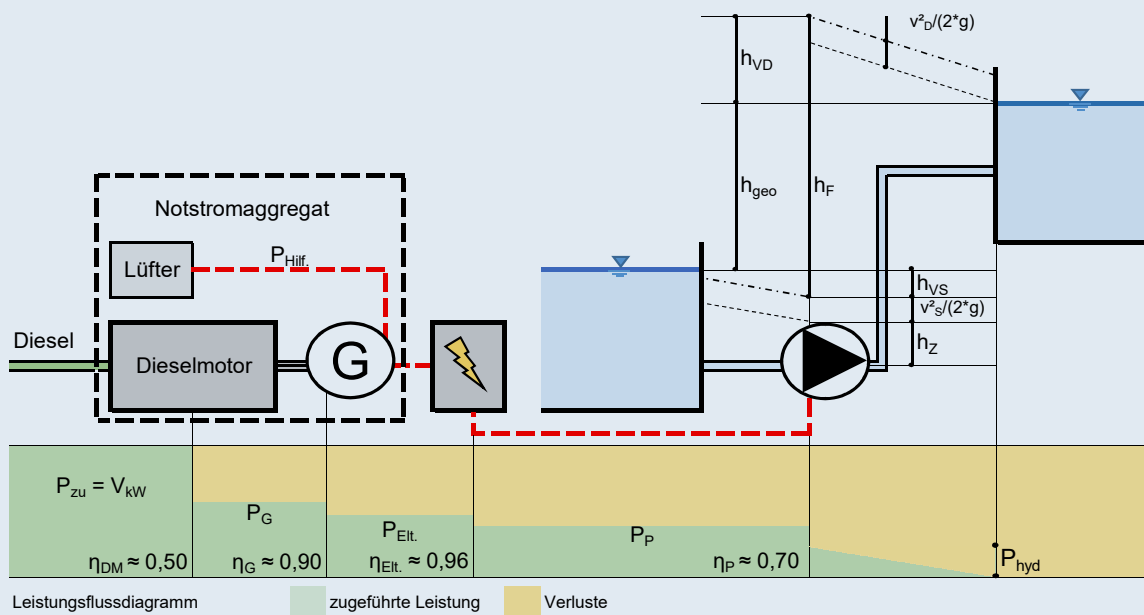


Bild 5: Leistungsfluss – Wasserförderung im Notstrombetrieb

Gleichung 7 – P_p bekannt

$$V_{kW} = \frac{V_{spez}}{\rho_{Diesel} * \eta_G} * \left(P_{Hilf} + \frac{P_p}{\eta_{Elt}} \right) / \cos \varphi \quad (7)$$

Gleichung 8 – Berechnung über P_{Hyd}

$$V_{kW} = \frac{V_{spez}}{\rho_{Diesel} * \eta_G} * \left(P_{Hilf} + \frac{Q * h_F}{367 * \eta_{Elt} * \eta_P} \right) / \cos \varphi \quad (8)$$

Unter Verwendung pauschalierter Berechnungsannahmen kann der Treibstoffbedarf zur Wasserförderung mit **Gleichung 9** berechnet werden (Annahmen: $V_{spez} = 233 \text{ g/kWh}$; $\rho_{Diesel} = 0,835 \text{ kg/l}$; $\eta_G = 0,90$; $\eta_{Elt} = 0,96$; $\eta_P = 0,7$; $P_{Hilf} = 0 \text{ kW}$, $\cos \varphi = 0,8$).

$$V_{kW} \left(\frac{l}{h} \right) = 0,0016 * Q \left(\frac{m^3}{h} \right) * h_F (mWS) \quad (9)$$

Die Genauigkeit des Berechnungsergebnisses aus den **Gleichungen 6 – 8** erhöht sich mit der Verwendung von maschinenspezifischen Daten und der Messung des tatsächlichen Energiebedarfs. Die Erkenntnisse zur Bedarfsermittlung wurden in einem Excel-Tool umgesetzt, welches modular aufgebaut ist und Hinweise zur Genauigkeit des ermittelten Treibstoffbedarfs gibt. In dem Excel-Tool wurden neben der Dieselbedarfsermittlung zur Wasserförderung folgende Punkte mit aufgenommen:

- Treibstoffbedarf zur Wasseraufbereitung
- Treibstoffbedarf für Betriebsfahrzeuge
- Treibstoffbedarf für Baumaschinen
- Hilfsstoffbedarf

Das Excel-Tool ist über folgenden QR-Code verfügbar:



3.2 Checkliste zum Bau und Betrieb einer Eigenverbrauchstankstelle

3.2.1 Allgemeine Anforderungen

Die allgemeinen Anforderungen ergeben sich aus Kap. 2.2, 2.3 und 3.1. Zusätzlich sind bei der Standortwahl auch die Aspekte des Risikomanagements zu berücksichtigen wie z. B. Hochwassergefahren, Erreichbarkeit der Anlage, Besetzung des Standorts oder Schutz gegen Vandalismus sowie Diebstahl. Dabei können vorhandene Risikoanalysen unterstützend wirken, indem vorhandene Gefahren aufgezeigt werden. Die gesamten Anforderungen wurden in einer Checkliste (**Tabelle 3**) zusammengefasst.

Zur Pflichterfüllung nach § 44 Abs. 4 der AwSV [11] wurde zur Kennzeichnung für Anlagen der Gefährdungsstufe A oder Eigenverbrauchstankstellen der Gefährdungsstufe B ein Mustermerkblatt erstellt.

Die Checkliste und das Mustermerkblatt sind über den QR-Code oben im Download verfügbar.

3.2.2 Organisatorische Anforderungen

Für den Betrieb der Dieseltankanlage ergeben sich organisatorische Anforderungen im Normalbetrieb und für den Betrieb beim Stromausfall [7, 10, 11, 14, 28].

Tabelle 3: Checkliste Dieselbevorratung

Aufgabe	Hinweise	Kontrollkästchen	Bemerkungen
Grundlagenermittlung			
Geeigneter Standort – allgemeine Anforderungen	DWA A-781	<input type="checkbox"/>	
Geeigneter Standort – Berücksichtigung von Risikofaktoren	Nutzung vorhandener Risikoanalyse	<input type="checkbox"/>	
Ermittlung und Dokumentation von vorhandenen und geplanten Notstromversorgungen	Kap. 2.2, Nutzung vorhandener Risikoanalyse	<input type="checkbox"/>	
Ermittlung Mindestversorgungszeit ohne eine Nachlieferung	Kap. 2.2	<input type="checkbox"/>	
Bedarfsermittlung			
Auswahl des Treibstoffs	Kap. 2.2	<input type="checkbox"/>	
Bedarfsermittlung Hilfsstoffe	Kap. 2.2 und 3.1, Excel-Tool	<input type="checkbox"/>	
Bedarfsermittlung für die Notstromaggregate	Kap. 2.2 und 3.1, Excel-Tool	<input type="checkbox"/>	
Bedarfsermittlung Betriebsfahrzeuge	Kap. 2.2 und 3.1, Excel-Tool	<input type="checkbox"/>	
Bedarfsermittlung sonstige Geräte und Maschinen	Kap. 2.2 und 3.1, Excel-Tool	<input type="checkbox"/>	
Anforderungen an den Bau und Betrieb			
Planung der Anlage	Kap. 2.3, DWA A-781	<input type="checkbox"/>	
Eignungsfeststellung oder Gutachten nach § 41 Abs. 2 AwSV	Kap. 2.3	<input type="checkbox"/>	
Anzeige bei der Unteren Wasserbehörde	Kap. 2.3	<input type="checkbox"/>	
Bau der Anlage	Kap. 2.3	<input type="checkbox"/>	
Sachverständigenprüfung nach § 46 Abs. 2 AwSV	Kap. 2.3	<input type="checkbox"/>	
Einstufung der Anlage nach § 39 AwSV	Kap. 2.3	<input type="checkbox"/>	
Erfassung der Anlage in einem Register nach § 39 AwSV	Kap. 2.3	<input type="checkbox"/>	
Kennzeichnung der Anlage nach § 44 Abs. 4 der AwSV	Kap. 2.3	<input type="checkbox"/>	
Organisation regelmäßiger Wartung und Dichtheitskontrolle	Kap. 2.3	<input type="checkbox"/>	
Beachtung Fachbetriebspflichten bei Instandsetzungen	Kap. 2.3	<input type="checkbox"/>	
Führung Anlagendokumentation nach § 43 AwSV	Kap. 2.3	<input type="checkbox"/>	
Beachtung Anzeigepflichten nach § 40 Abs. 1 AwSV bei Änderung oder Stilllegung	Kap. 2.3	<input type="checkbox"/>	
Kostenschätzung der Dieselbevorratung			
Festlegung des Aufstellorts	Kap. 3.2.3	<input type="checkbox"/>	
Kostenschätzung für den Anlagenbau	Kap. 3.2.3	<input type="checkbox"/>	
Kostenschätzung Planungsleistungen	Kap. 3.2.3	<input type="checkbox"/>	

Organisatorische Anforderungen**Normalbetrieb**

Nutzungskonzept	Kap. 3.2.2	<input type="checkbox"/>	
Nutzerverwaltung	Kap. 3.2.2	<input type="checkbox"/>	
Regelung der Nachbetankung	Kap. 3.2.2	<input type="checkbox"/>	
Regelmäßige Wartung und Prüfung der Tankanlage	Kap. 3.2.2	<input type="checkbox"/>	
Regelmäßige Wartung und Prüfung der Notstromaggregate	Kap. 3.2.2	<input type="checkbox"/>	
Regelmäßige Probeläufe	Kap. 3.2.2	<input type="checkbox"/>	

Stromausfall

Beschränkte Nutzerverwaltung	Kap. 3.2.2	<input type="checkbox"/>	
Notstromversorgung der Tankanlage	Kap. 3.2.2	<input type="checkbox"/>	
Kommunikation mit Krisenstäben intern und extern	Kap. 3.2.2	<input type="checkbox"/>	
Ermittlung Treibstoffbedarf	Kap. 3.2.2	<input type="checkbox"/>	
Organisation von Treibstofflieferungen	Kap. 3.2.2	<input type="checkbox"/>	
Betankung der Notstromaggregate	Kap. 3.2.2	<input type="checkbox"/>	
Tankzeiten	Kap. 3.2.2	<input type="checkbox"/>	

Im Normalbetrieb sind folgende organisatorische Anforderungen zu erfüllen:

- Nutzungskonzept zur Umwälzung des Diesels; die durchschnittliche Lagerzeit sollte sechs Monate nicht überschreiten
- alternativ Betankung der Anlage mit Diesel ohne Bioanteil (B-0 Diesel) oder Nutzung von schwefelarmem Heizöl (Achtung: Heizöl ist nicht für jeden Motor geeignet und darf nicht zur Betankung der Fahrzeuge genutzt werden)
- Nutzerverwaltung (Wer darf tanken? Wie erfolgt die Authentifizierung? Wie erfolgt die Abrechnung?)
- Regelung zur rechtzeitigen Nachbetankung unter Beachtung der Mindestlagermenge
- Regelung der Wartung und Prüfung der Tankanlage
- Regelung der Wartung und Prüfung von Notstromaggregaten – Durchführung periodischer Probeläufe
- regelmäßige Personalunterweisung

Zur Nutzerverwaltung wird eine Zapfsäule mit einer Authentifizierungsmöglichkeit (Transponder, PIN oder Schlüssel) empfohlen (**Bild 6**).

Beim Stromausfall ergeben sich aufgrund der begrenzten Ressource geänderte Nutzeranforderungen. Diese sind nachfolgend aufgelistet:

- Nutzerverwaltung Stromausfall (Wer darf noch tanken?)
- Aufbau der Notstromversorgung der Tankanlage
- Kommunikation mit dem Katastrophenschutz intern und extern
- Einschätzung des Treibstoffbedarfs
- Organisation von Treibstofflieferungen zur Befüllung der



Bild 6: Zapfsäule mit Authentifizierungseinheit

Tabelle 4: Dieselbedarfsermittlung im Pilotprojekt

Bemessung der Dieselbevorratung			
Grundparameter			
Dauer der Treibstoffversorgung	3	d	
Dieselverbrauch			
Verbraucher	l/d	l/Dauer	
Notstromaggregate	1.704,4	5.113,2	
Betriebsfahrzeuge pauschal	130,0	390,0	
Baumaschinen pauschal	190,0	570,0	
Summe		6.073,2	
Gewähltes Tankvolumen			
Gewähltes Tankvolumen		10.000,0	
Verbleibendes Volumen für den Betrieb der Anlage		3.926,8	
Hilfsstoffverbrauch			
Bezeichnung	Art	l/d	l/Dauer
Hilfsstoff 1	Adblue	62,4	187,1
Hilfsstoff 2	Schmieröl	4,5	13,4

Tankanlage über den Katastrophenschutz oder Mineralöllieferanten

- Organisation der Betankung der Notstromaggregate
- ggf. Organisation von Tankzeiten

Die organisatorischen Anforderungen für den Stromausfall sind für den Krisen- oder Katastrophenfall vorzubereiten. Neben der geänderten Administration und Logistik muss auch ein Konzept zur Notstromversorgung der Eigenverbrauchstankstelle erarbeitet werden. Dabei sollte für das Notstromkonzept der Eigenverbrauchstankstelle geklärt werden, wer die Notstromanlage anschließen, betanken und betreiben darf.

3.2.3 Bestandteile der Kostenermittlung einer Eigenverbrauchstankstelle

Die Kostenschätzung zur Errichtung einer Eigenverbrauchstankstelle hängt im Wesentlichen von der Größe der Anlage, den gewählten Anlagenkomponenten und dem Aufstellort ab. Folgende Bau-, Dienstleistungen und Anlagenkomponenten sind in der Kostenschätzung zu berücksichtigen [7, 10, 11, 14, 28]:

- Planungsleistungen
- Gutachten nach § 41 Abs. 2 AwSV
- Sachverständigen Prüfungen
- Niederspannungsanlagen
- Notstromversorgung der Tankanlage
- Einbruchmeldeanlage (optional)
- Tankanlage inkl. notwendiger Überwachungseinrichtungen
- Zapfsäule inkl. Programmierung und Nutzerverwaltung
- Auffangwanne nach AwSV in Beton, als Beschichtung oder mobile Einheit
- Anfahrerschutz der Anlage
- Tiefbauleistungen
- Überdachung der Anlage (alternativ im Außenbereich)
- Leichtflüssigkeitsabscheider (alternativ im Außenbereich)
- Dokumentation
- Tank und Zapfeinheit für Hilfsstoffe, z. B. Adblue
- Lagerung von Bindemitteln und deren Entsorgung
- Mobiler Dieseltank (zur Betankung der Notstromaggregate im laufenden Betrieb)

Tabelle 5: Vergleich der Berechnungsmethoden

Berechnungsmethode	Gleichung	P_{elt} in kWh	P_{Hilf} in kWh	P_{p} in kWh	η_{elt} in %	η_{p} in %	h_{f} in mWS	Q in m ³ /h	V_{kw} in l/h	Abweichung in %
Schätzung	9						101	147,5	23,8	-1,3
P_{elt}	6	61,8	5						24,2	Referenz
P_{p}	7		5	54,2	89,6				23,7	-2,0
P_{hyd}	8		5		89,6	74,8	101	147,5	23,7	-2,0

Tabelle 6: Kostenschätzung Innenaufstellung der Eigenverbrauchstankstelle

KG / OZ*	Leistung	GP in €
400	Bauwerk Technische Anlagen	24.500,00
440	Starkstromanlagen	4.000,00
444	Niederspannungsanlagen - Steckdosen und Licht	4.000,00
450	Fernmelde und Informationstechnische Anlage	2.000,00
456	Einbruchmeldeanlage	2.000,00
470	Nutzungsspezifische Anlagen	15.000,00
479	Mobiler Dieseltank nach ADR	2.000,00
479	Tank Adblue inkl. Zapfanlage	1.000,00
479	Tankanlage inkl. Zapfsäule für Innen	8.500,00
479	Auffangwanne nach AwSV Innen	2.500,00
479	Anfahrerschutz	1.000,00
490	Sonstige Maßnahmen für technische Anlagen	3.500,00
499	Gutachten nach § 41 Abs. 2 AwSV	2.000,00
499	Dokumentation inkl. TÜV-Gutachten	1.500,00
Gesamt in € (Netto)		24.500,00
MwSt. 19,00 % in €		4.655,00
Gesamt in € (Brutto)		29.155,00

*Kostengruppe nach DIN 276 [29]

Eine Kostenreduzierung kann durch die Nutzung eines vorhandenen Innenraums erzielt werden. Dadurch können eine Überdachung oder ein Leichtflüssigkeitsabscheider entfallen.

Der mobile Dieseltank sichert die Logistik in der Betankung der Notstromaggregate. Die Behältergröße sollte mindestens einem Tankzyklus entsprechen. Zur Handhabung empfiehlt sich auch die Ausstattung des mobilen Tanks mit einer 12 V Zapfeinheit.

4. Fallbeispiel

4.1 Untersuchungsgebiet

Die Anwendung der Dieselbedarfsermittlung und der erarbeiteten Checkliste aus Kap. 3 wurde am Fallbeispiel der Südoberlausitzer Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsgesellschaft mbH (SOWAG) erprobt. Das Wasserversorgungsunternehmen (WVU) versorgt ca. 75.000 Menschen mit Trinkwasser. Für das WVU wurden eine Risikoanalyse und Bilanz-Struktur-Modelle nach [4] erarbeitet. Die Risikoanalyse aus dem Fallbeispiel zeigt erwartungsgemäß hohe Vulnerabilitäten für den flächendeckenden Stromausfall [4]. Die benötigte Anzahl an Notstromaggregaten wurde über die Betrachtung eines erweiterten Bilanzraums nach [8] ermittelt. Das Konzept der SOWAG sieht die Beschaffung und den Betrieb von vier Notstromaggregaten vor. Mit der Beschaffung der Notstromaggregate und der Dieselvorhaltung können künftig ca. 90 % der Einwohner bei einem Stromausfall weiter versorgt werden.

4.2 Dieselbedarfsermittlung

Die Dieselbedarfsermittlung erfolgte über das Excel-Tool. Die Ergebnisse sind in der **Tabelle 4** zusammengefasst.

Die Dauer der Treibstoffversorgung wurde in Anlehnung an [1, 7, 13, 14] mit drei Tagen gewählt. Der resultierende Dieselbedarf beläuft sich auf rund 6.000 l. In der Bemessung wurden neben der Ermittlung des Dieselbedarfs der Notstromaggregate der Dieselbedarf für Fahrzeuge und Baumaschinen sowie der notwendige Hilfsstoffbedarf berücksichtigt.

Der Treibstoffbedarf für Betriebsfahrzeuge ergibt sich im Pilotprojekt für den Prozess der Nachbetankung der Notstromaggregate, für notwendige Betriebskontrollen, zur Störungsbeseitigung und für sonstige Betriebsfahrten.

Weiterhin ergibt sich ein Dieselbedarf für Baumaschinen, z. B. zur Rohrbruchbeseitigung. Im Fallbeispiel der SOWAG wurde für die Bemessung ein Rohrbruch pro Tag für ein 1.000 km langes Trinkwassernetz angesetzt.

Der Hilfsstoffbedarf ergibt sich aus dem Verbrauch an Adblue und Schmierölen der Notstromaggregate und Fahrzeuge. So ergibt sich im Bemessungszeitraum ein Bedarf von 187 l Adblue und 13 l Schmierölen. Die Vorhaltung der Hilfsstoffe ist zusätzlich zum Dieselbedarf zu berücksichtigen.

Das Tankvolumen wurde mit 10.000 l gewählt, resultierend ergeben sich ca. 4.000 l für den dauerhaften Betrieb der Anlage. Im Fallbeispiel beträgt der jährliche Dieselbedarf ca. 20.000 l. In der dauerhaften Nutzung der Betriebstankstelle ergibt sich somit eine mittlere Aufenthaltszeit des Diesels von 0,5 a. Die dauerhafte Nutzung der Anlage gewährleistet die Funktion der Anlage und die Haltbarkeit des Treibstoffs.

Die Berechnungsmethoden nach den **Gleichungen 6 – 9** wurden am Beispiel eines Zwischenpumpwerks erprobt, der technische Aufbau der Anlage entspricht dem Schema in **Bild 5**. Die Ergebnisse des Vergleichs sind in der **Tabelle 5** angegeben.

Tabelle 7: Kostenschätzung Außenaufstellung der Eigenverbrauchstankstelle

KG / OZ*	Leistung	GP in €
300	Bauwerk und Baukonstruktionen	29.750,00
310	Baugrube	1.250,00
311	Baugrubenherstellung	1.250,00
320	Gründung	8.500,00
322	Flachgründung-Fundamente Dach	3.000,00
324	Bodenplatte außen inkl. Unterbau	5.500,00
360	Dächer	18.000,00
361	Dachkonstruktionen	10.000,00
363	Dachbeläge inkl. Dach- und Abwasseranschluss	8.000,00
390	Sonstige Maßnahmen für Baukonstruktionen	2.000,00
391	Baustelleneinrichtung	1.000,00
394	Abbruchmaßnahmen Asphalt	1.000,00
400	Bauwerk Technische Anlagen	31.500,00
440	Starkstromanlagen	4.000,00
444	Niederspannungsanlagen - Steckdosen und Licht	4.000,00
450	Fernmelde und Informationstechnische Anlage	2.000,00
456	Einbruchmeldeanlage	2.000,00
470	Nutzungsspezifische Anlagen	22.000,00
479	Mobiler Dieseltank nach ADR	2.000,00
479	Tank Adblue außen	2.000,00
479	Tankanlage inkl. Zapfsäule für Außen	10.000,00
479	Auffangwanne nach AwSV für Außenaufstellung	8.000,00
490	Sonstige Maßnahmen für technische Anlagen	3.500,00
499	Gutachten nach § 41 Abs. 2 AwSV	2.000,00
499	Dokumentation inkl. TÜV-Gutachten	1.500,00
Gesamt in € (Netto)		61.250,00
MwSt. 19,00 % in €		11.637,50
Gesamt in € (Brutto)		72.887,50

* Kostengruppe nach DIN 276 [29]

P_{Elt} , P_{Hilf} , h_f sowie Q wurden messtechnisch erfasst und P_p , η_{Elt} sowie η_p wurden den Pumpenherstellernangaben entnommen. Die Abweichungen der Berechnungsergebnisse liegen im Toleranzbereich des Herstellers. Bei einer Nutzung der **Gleichung 9** können die Abweichungen bei Betrachtung anderer Systeme größer ausfallen.

4.3 Anwendung der Checkliste und Investitionskosten

Die Planung der Betriebstankstelle erfolgte auf der Grundlage der erstellten Checkliste. Bau und Betrieb der Anlage wurden durch die untere Wasserbehörde genehmigt. Im Rahmen der Planung wurden Kostenschätzungen für eine Innenaufstellung (**Tabelle 6**) und eine Außenaufstellung (**Tabelle 7**) der Eigenverbrauchstankstelle ermittelt. Umgesetzt wurde die Variante der Innenaufstellung. Die Kostenfeststellung entsprach der Höhe der Kostenschätzung. Die Umsetzung der Maßnahme wurde aus den Konjunkturprogramm des Bundes 2022 zur Umsetzung von Maßnahmen nach Wassersicherstellungsgesetz mit 10.750 €

Netto teilfinanziert. Der verbleibende Kostenanteil wurde vom WVU erbracht.

5 Zusammenfassung und Diskussion

Die Notstromversorgung von Trinkwasserversorgungsanlagen stellt eine Härtung der leitungsgebundenen Versorgung und somit ein Beitrag zur Stärkung der Resilienz dar [7–8]. Für den Betrieb der Notstromanlagen muss das WVU ausreichend Treibstoff (i.d.R. Diesel) vorhalten. Dies kann durch die Errichtung von Betriebstankstellen durch das WVU realisiert werden.

Ein wesentlicher Faktor in der Bemessung der Anlagen ist die Dauer der Eigenversorgung. Diese ist im Rahmenkonzept zur Trinkwassernotversorgung [13] mit 72 Stunden empfehlend angegeben. Zur genauen Planung bedarf es der Berücksichtigung von landesspezifischen Regelungen und der Abstimmung mit den Katastrophenschutzbehörden.

Zur Dieselbedarfsermittlung wurden die **Gleichungen 6 – 9** aufgestellt. Diese berücksichtigen die maschinentechnischen Grundlagen der Notstromaggregate und die Hydromechanik zur Wasserförderung. Aus den Erkenntnissen des Pilotprojekts zeigten sich folgende zusätzliche Anforderungen an die Bemessung der Treibstoffbevorratung beim WVU:

- Berücksichtigung des Dieselbedarfs für Betriebsfahrzeuge sowie Baumaschinen, z. B. zur Rohrbruchbeseitigung, für Betriebsfahrten und zur Nachbetankung der Notstromaggregate
- Berücksichtigung des notwendigen Hilfsstoffbedarfs, wie z. B. Adblue und Schmieröle
- Berücksichtigung einer Volumenreserve für den Betrieb der Dieseltankstelle, um so die Funktion der Anlage und die Haltbarkeit des Treibstoffs zu gewährleisten

Es wird empfohlen die genannten Punkte in künftigen Treibstoffversorgungskonzepten zu integrieren. Die Berechnungsgrundsätze wurden in einem Excel-Tool zusammengefasst. Das Excel-Tool beschränkt sich auf eine statische Verbrauchsermittlung, so wurden z. B. Verbrauchsgänge oder Befüllzyklen nicht berücksichtigt.

An die Planung, den Bau und den Betrieb der Betriebstankstellen werden neben der Bedarfsermittlung Anforderungen zur Lagerung von wassergefährdenden Stoffen und zur Organisation gestellt. Die Anforderungen zur Lagerung von wassergefährdenden Stoffen ergeben sich insbesondere aus dem WHG [17] in Verbindung der AwSV [11]. Ergänzend sind landesspezifische Regelungen und das technische Regelwerk [16] zu beachten.

Die organisatorischen Anforderungen für das WVU teilen sich in Aufgaben des Normalbetriebs, wie z. B. Nutzungskonzepte, Wartung und Prüfung der Anlagen oder Probeläufe, und in Aufgaben des Ereignisfalls, z. B. in Falle eines flächendeckenden Stromausfalls, so z. B. die Nachbetankung der Notstromanlagen, eine beschränkte Nutzerverwaltung oder die Kommunikation mit dem KatS.

Zur Umsetzung der Anforderungen wurden die zu berücksichtigten Kostenbestandteile analysiert. Im Pilotprojekt zeigte sich hier erwartungsgemäß ein Kostenvorteil bei der Errichtung in vorhandenen Innenräumen.

Die Erkenntnisse des Pilotprojekts wurden in einer Checkliste zusammengefasst und am Fallbeispiel der SOWAG bis zur Errichtung einer Betriebstankstelle erprobt. Im Sinne der allgemeinen Notfallvorsorgeplanung nach DVGW W 1001 [30] konnten die Kommunikationsmöglichkeiten bei einem flächendeckenden Stromausfall nicht abschließend geklärt werden.

Zusammenfassend zeigt das Pilotprojekt, dass durch die Errichtung einer Eigenverbrauchstankstelle die Dieselvorrhaltung beim WVU gesichert werden kann. Die Dieselvorrhaltung ist für viele WVU eine Grundvoraussetzung zur Aufrechterhaltung der leitungsgebundenen Trinkwasserversorgung während eines flächendeckenden Stromausfalls.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei der SOWAG mbH für die Unterstützung.

Literatur:

- [1] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): Treibstoffversorgung bei Stromausfall Empfehlung für Zivil- und Katastrophenschutzbehörden. Stand Juli 2017, Hrsg. BBK, ISBN 978-3939347750
- [2] Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen: FAQ zum Stromnetz, <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Strom/start.html>, aufgerufen am 18.01.2024
- [3] Heumer, F.; Grischek, T.; Tränckner, J.: Sicherheit der Wasserversorgung – Priorisierung von Gefährdungen der Trinkwasserversorgung im Rahmen der Risikoanalyse. gwf-Wasser/Abwasser 03/2023, S. 63–75, doi: 10.17560/gwfw.v164i3.2642
- [4] Heumer, F.; Kritznier, W.; Tränckner, J.; Grischek, T.: Sicherung der Wasserversorgung – Vulnerabilitätsmessungen der Trinkwasserversorgung im Rahmen der Risikoanalyse. gwf-Wasser/Abwasser 09/2023, S. 71–79, doi: 10.17560/gwfw.v164i09.2671
- [5] Hüttner, D.; Winkler, U.: Praktische Erfahrungen bei der Durchführung einer Risikoanalyse der öffentlichen Wasserversorgung für die Stadt Leipzig. Sonderdruck gwf-Wasser/Abwasser 01/2020, S. 1–5
- [6] Hüttner, D.; Kalfhaus, B.; Opitz, R.; Mucha, M.; Wienand, I.: Risikoanalyse der öffentlichen Wasserversorgung – Methoden und Erkenntnisse aus Dresden und Leipzig. BBK Bevölkerungsschutz 3/2018, S. 12–17
- [7] Broß, L.; Wienand, I.; Krause, S.: Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Teil II: Notfallvorsorgeplanung. BBK Fachinformation Praxis im Bevölkerungsschutz. Ausgabe 06/2019, Hrsg. BBK, Band 15, Bonn
- [8] Heumer, F.; Wienand, I.; Tränckner, J.; Grischek, T.: Sicherung der Wasserversorgung – Dimensionierung eines Zwischenpumpwerks unter Beachtung von Not- und Krisenfällen. gwf-Wasser/Abwasser 12/2023, S. 63–72, doi: 10.17560/gwfw.v164i12.2699
- [9] DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: DIN EN 590 – Kraftstoffe – Dieseldieselkraftstoff – Anforderungen und Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 590:2022, Stand Mai 2022, Hrsg. Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [10] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI): Neue Erkenntnisse zur Lagerfähigkeit von Brennstoffen für Netzersatzanlagen. Stand Januar 2015, Hrsg. BSI
- [11] Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) vom 18. April 2017 (BGBl. I S. 905), die durch Artikel 256 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist
- [12] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): BBK-Glossar, aufgerufen am 18.01.2024, https://www.bbk.bund.de/DE/Infotehk/Glossar/glossar_node.html
- [13] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): Rahmenkonzept der Trinkwassernotversorgung - Neukonzeption zur Anpassung an veränderte Rahmenbedingungen in Anlehnung an die Konzeption zivile Verteidigung. Feb. 2022. Hrsg. BBK, Bonn
- [14] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): Notstromversorgung in Unternehmen und Behörden. Stand Januar 2019; Hrsg. BBK, Bonn; ISBN 3-939347639
- [15] Total Energies: Sicherheitsdatenblatt nach Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH), Anhang II, abgeändert gemäß Verordnung (EU) 2020/878; Dieseldieselkraftstoff; Stand März 2023; Hrsg. Total Energies Marketing Deutschland GmbH, Berlin
- [16] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA): Arbeitsblatt DWA-A 781 (TRWS 781) - Technische Regel wassergefährdender Stoffe: Tankstellen für Kraftfahrzeuge - Dezember 2018; Stand korr. Fassung Mai 2019; Hrsg. DWA; ISBN 978-3887217563

- [17] Wasserhaushaltsgesetz (WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. Januar 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 5) geändert worden ist
- [18] Sächsische Anlagenverordnung (SächsVAwS) vom 18. April 2000 (SächsGVBl. S. 223), die zuletzt durch Artikel 13 des Gesetzes vom 12. Juli 2013 (SächsGVBl. S. 503) geändert worden ist
- [19] Häberle, H.; Häberle, G.; Häberle, V.; Häberle, K.; Isele, D.: Tabellenbuch Elektrotechnik, 30. Auflage, Stand Mai 2022, Hrsg. Europa-Lehrmittel, ISBN 978-3808530764
- [20] Deutz: Produktdatenblätter / Data sheets WA D 20- 500 kVA; Stand Aug. 2023; Hrsg. WA Notstromtechnik GmbH
- [21] Volvo: Produktdatenblätter TAD 530 GE – TAD 880-882 GE. <https://www.volvopenta.com/industrial/power-generation-engines/power-generation-engine-range/d16-eu-stage-iiia-epa-tier-3/>, aufgerufen am 22.12.2023
- [22] Mitsubishi: Produktdatenblätter S3L2-S4S-DT. <https://rid-international.com/de/stationaere-stromerzeuger/mitsubishi.html>, aufgerufen am 23.12.2023
- [23] John Deer: Produktdatenblatt DM01VP. https://rid-international.com/images/website/de/datasheets/biggensets/DEUTSCH/DOOSAN/data-sheet_RID_30_B-SERIES_S_STAGE_5_DE.pdf, aufgerufen am 23.12.2023
- [24] Doosan: Produktdatenblätter D1146T-DM02VP. <https://rid-international.com/de/stationaere-stromerzeuger/doosan.html>, aufgerufen am 23.12.2023
- [25] Aigner, D.; Bollrich, G.: Handbuch der Hydraulik für Wasserbau und Wasserwirtschaft. 1. Auflage, Stand Aug. 2015, Hrsg. Beuth Verlag GmbH, Berlin, ISBN 978-3410213413
- [26] Rautenberg, J.; Fritsch, P.; Hoch, W.; Merkl, G.; Otilinger, F.; Weiß, M.; Wricke, B.: Mutschmann/Stimmelmayer Taschenbuch der Wasserversorgung. 16. Auflage, 2014, Hrsg. Springer Vieweg, Wiesbaden, ISBN 978-3834825612
- [27] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. (DVGW): DVGW-Information Wasser Nr. 77 – Handbuch Energieeffizienz/ Energieeinsparung in der Wasserversorgung. Juli 2010, WVGW-Verlag, Bonn, ISSN 0176-3504
- [28] Benz, A.; Bilger, F.; Broggi, G. F.; Gäumann, A.; Gastaldi, L.; Müller, M.; Rahn, M.; Wenger, N.; Wiprächtiger, M.: Leitfaden zur Treibstoffversorgung der Kantone bei Stromausfall- Sicherstellung einer widerstandsfähigen Tankstelleninfrastruktur zur Aufrechterhaltung der Mobilität von Behörden und Organisationen für Rettung und Sicherheit bei Stromausfall. Stand Aug. 2020; Hrsg. Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung, Bundesamt für wirtschaftliche Landesversorgung BWL, Bern
- [29] DIN 276 Kosten im Bauwesen. Ausg. 12/2018, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [30] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. (DVGW): Merkblatt W 1001 2020-11 Wasser
- [31] Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Risiko- und Krisenmanagement. November 2020, WVGW-Verlag, Bonn, ISSN 0176-3504

Autor:innen:

Dipl.-Ing. (FH) Felix Heumer

(Korrespondenz-Autor)

SOWAG mbH Zittau

Äußere Weberstraße 43

02763 Zittau

Felix.Heumer@SOWAG.de

Dr. Ina Wienand

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe

Provinzialstr. 9

53127 Bonn

ina.wienand@bbk.bund.de

Prof. Dr.-Ing. Thomas Grischek

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden

Lehrgebiet Wasserwesen

Friedrich-List-Platz 1

01069 Dresden,

thomas.grischek@htw-dresden.de

Prof. Dr.-Ing. habil. Jens Tränckner

Universität Rostock

Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät

Justus-von-Liebig-Weg 6

18059 Rostock

jens.traenckner@uni-rostock.de

Herausgeber:

Vulkan-Verlag GmbH
Friedrich-Ebert-Straße 55
45127 Essen

Dieser Sonderdruck wurde finanziert durch
das Sächsische Staatsministerium für Energie, Klimaschutz,
Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL),
Postfach 10 05 10, 01075 Dresden

STAATSMINISTERIUM
FÜR ENERGIE, KLIMASCHUTZ,
UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT



Autoren:



Dipl.-Ing. (FH) Felix Heumer

(Korrespondenz-Autor)
SOWAG mbH Zittau
Äußere Weberstraße 43, 02763 Zittau



Prof. Dr.-Ing. habil. Jens Tränckner

Universität Rostock
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock



Prof. Dr.-Ing. Thomas Grischek

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Lehrgebiet Wasserwesen
Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden



Dr.-Ing. Wolfram Kritzner

Ingenieurbüro für Wasser und Boden GmbH
Turnerweg 6, 01728 Bannewitz



Dr. Ina Wienand

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und
Katastrophenhilfe
Provinzialstr. 9, 53127 Bonn



Auflage:
150 Druckexemplare

Bezug:
Der Sonderdruck kann über folgenden Link digital bezogen werden (Unterpunkt Versorgungssicherheit):
<https://www.wasser.sachsen.de/grundsatzkonzeption.html>

Druckexemplare sind in begrenzter Anzahl über das SMEKUL, Referat 43 abrufbar.



Dieser Sonderdruck wurde durch das
Sächsische Staatsministerium für Energie,
Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft
finanziert.

STAATSMINISTERIUM
FÜR ENERGIE, KLIMASCHUTZ,
UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT



Freistaat
SACHSEN

