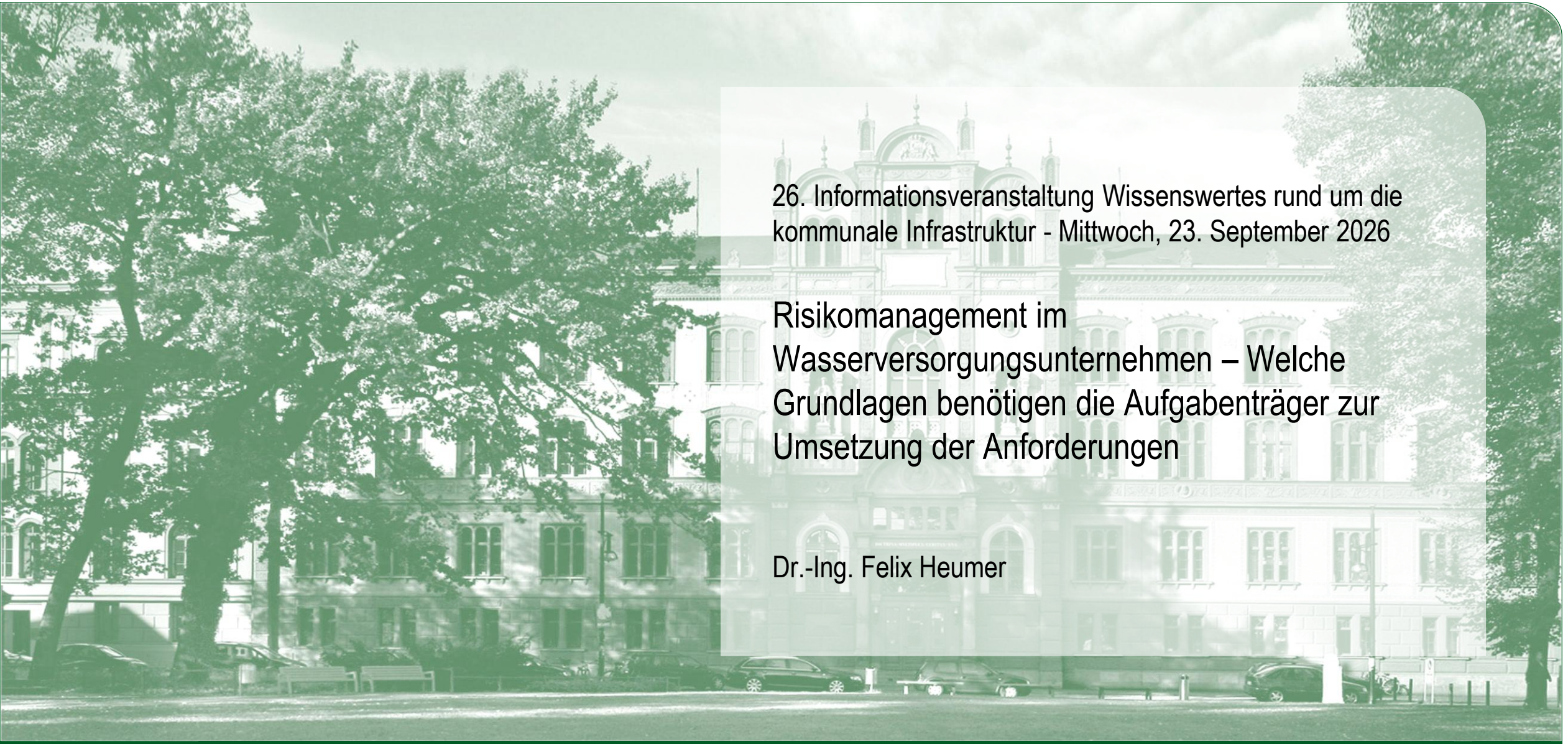
Universität Rostock Traditio et Innovatio

HTWD Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden University of Applied Sciences

SOWAG



26. Informationsveranstaltung Wissenswertes rund um die kommunale Infrastruktur - Mittwoch, 23. September 2026

Risikomanagement im Wasserversorgungsunternehmen – Welche Grundlagen benötigen die Aufgabenträger zur Umsetzung der Anforderungen

Dr.-Ing. Felix Heumer

Inhalt

Einleitung

Gefährdungsanalyse

Priorisierung von Gefährdungen

Risikoabschätzung

Vulnerabilitätsermittlungen

Risikobeherrschung

Dimensionierung eines Zwischenpumpwerks unter Beachtung von Not- und Krisenfällen

Zusammenfassende Diskussion, Schlussfolgerungen und Ausblick

Einleitung

Vielfältige potenzielle Gefährdungen der Trinkwasserver- und Abwasserentsorgung

Roadmap US EPA - Adams et al. (2024); All- Gefahren- Ansatz - BMI (2009);

Leitfaden Sicherheit der Wasserversorgung - BBK (2016)

Projektion klimabedingter Wetterveränderungen– Zunahme von Extremwetterereignissen

IPCC- Climate Change Report - Lee et al. (2023); klimabedingte Gefährdungen der TWV - Luh et al. (2017)

Langanhaltende und flächendeckende Ausfälle der Elektroenergieversorgung (Blackout)

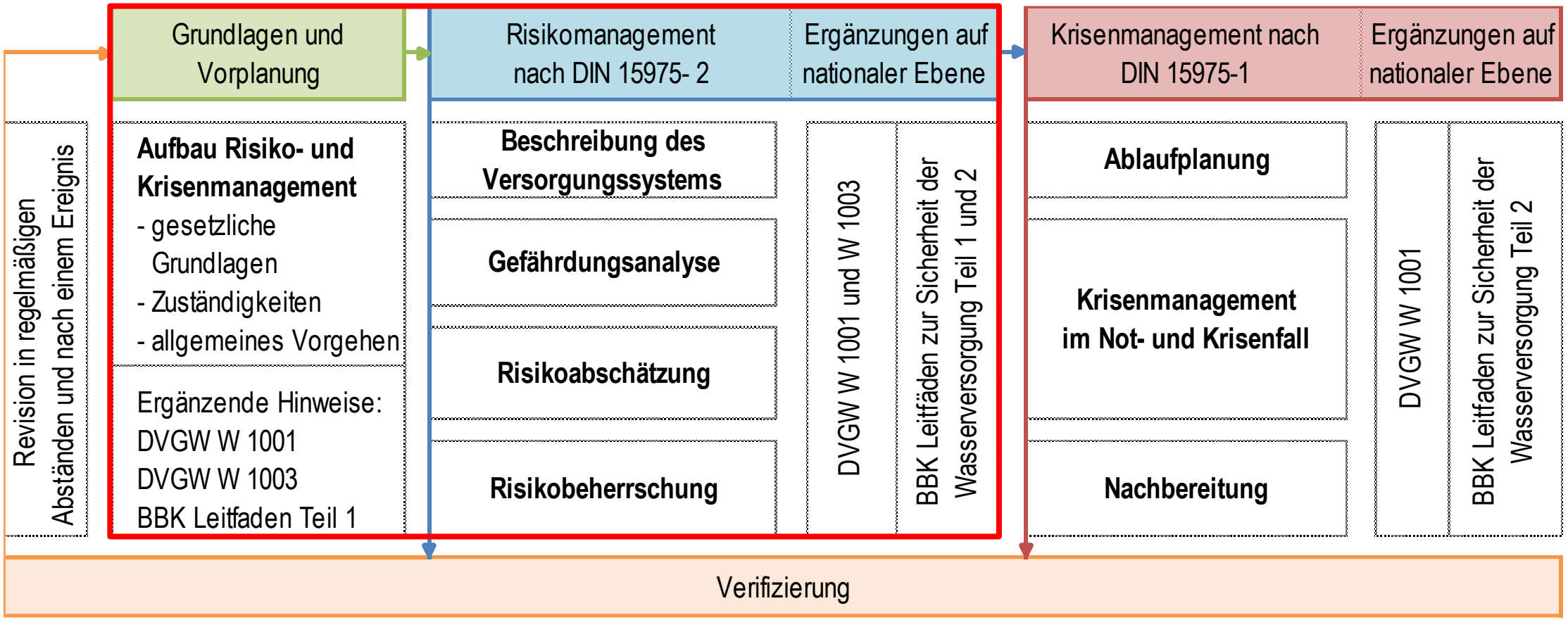
Folgen eines Blackouts - Petermann et al. (2011); Stromausfälle und Wasserversorgungsengpässe in Österreich – Mank (2015)

Zunahme von Cyber-Angriffen

Cyber-Sicherheitslage in Deutschland – BSI (2022); cybersichere kritische Infrastrukturen - Riggs et al. (2023)

Einleitung

Einordnung in den Stand des Wissens



Quelle: Heumer et al. (2023c)

Einleitung

Einordnung in den Stand des Wissens

Defizite in der Umsetzung des Risikomanagements – Erstellung von Risikoanalysen, Diverse Mengenansätze

- Stand Deutschland: Broß et al. (2020a);
- Stand Polen: Kubiak-Wójcicka et al. (2021)
- Diverse Mengenansätze des Ersatz- und Notwasserbedarfs: WHO (2013), Broß et al. (2019a), KZV (2016), BBK (2022)

Vielfältige Verfahren der Resilienzbeurteilung bekannt

- hydrodynamische Simulationen: Klise et al. (2023); Bonara et al. (2020)
- SD-Modelle: Broß, L. (2020b); Daniel et al. (2021)
- Multikriterielle Verfahren: OECD (2008)

Wenige Umsetzungsbeispiele veröffentlicht, Fehlende Planungsgrundsätze zur Dimensionierung des Not- und Krisenfalls

- Städte Leipzig (Hüttner & Winkler, 2020) und Dresden (Hüttner et al., 20218)

Einleitung

Zentrale Fragestellungen

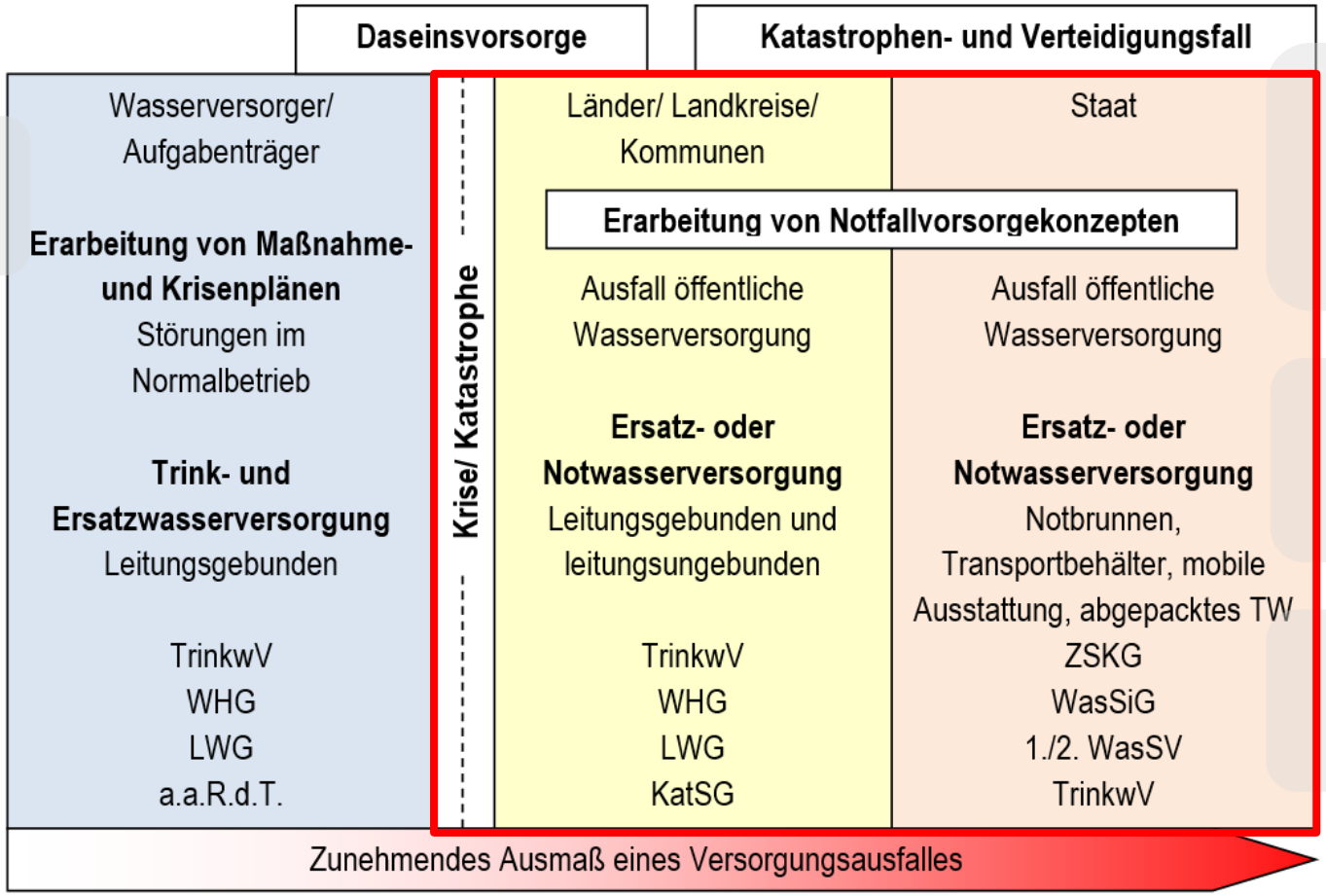
Wie lassen sich auf Unternehmensebene belastbare Risikoanalysen durchführen?

Wie können aus der Risikoanalyse geeignete Maßnahmen zur Erhöhung der Resilienz abgeleitet werden?

Einleitung

Grundlagen und Begriffsdefinitionen anhand des „3-Säulen-Modells“

Normalbetrieb
inkl. Betriebsstörungen



Ersatzwasserversorgung
Zeitlich und quantitativ begrenzt nach TrinkwV (2023)

Notwasserversorgung
Zeitlich begrenzt, lebensnotwendiger Bedarf

Gesetzesüberblick
Verweis Heumer et al. (2022)

Quelle: BBK (2016)

Einleitung

Szenario- und hydraulische Modellanalysen - SOWAG

- Trinkwasseranlagen
- 21 Versorgungsgebiete
- 79.000 Einwohner
- 17 Wasserwerke
- 40 Pumpwerke
- 62 Trinkwasserspeicher
- 63 Ein- und Ausspeisepunkte
- 1.035 km Trinkwassernetz

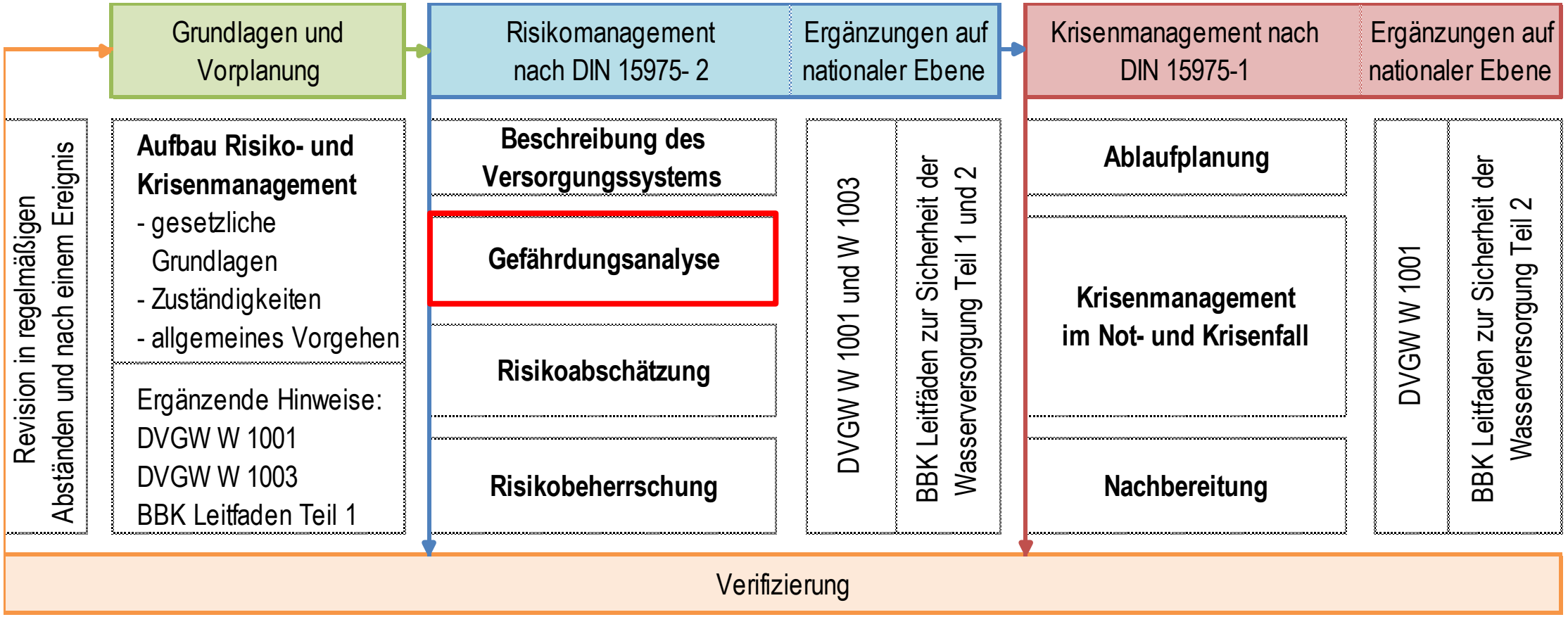
182 Systemkomponenten



Gefährdungsanalyse

Gefährdungsanalyse

Einordnung des Kapitels in das Risiko- und Krisenmanagement nach DIN EN 15975



Quelle: Heumer et al. (2023c)

Gefährdungsanalyse

Stand des Wissens und Zielsetzung



DIN EN 15975- 1 und

Quelle: DIN EN 15975-2 (2013), DIN EN 15975-1 (2016)



Quelle: BMI (2009)



Quelle: BBK (2016)



Quelle: Bartram et al. (2009)

Wenige Umsetzungsbeispiele:

Halbquantitative Ansätze
Bsp. Gefährdung von Trinkwasserquellen im Gazastreifen – Abuzerr et al. (2020)

Zielstellung
Weiterentwicklung vorhandener Instrumente – Nutzung eines halbquantitativen Ansatzes

Gefährdungsanalyse

Methodik - Mathematische Beschreibung

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

R Relevanz

E Eintrittswahrscheinlichkeit

1 – niedrig: alle > 1.000 a; 2 – mittel: alle 101- 1.000 a; 3 – hoch: alle 0 – 100 a

G Gefahrenausmaß

B_i Betroffenheit (i = 1…n)

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

Gefährdungsanalyse

Methodik – Programmtechnische Umsetzung

Gefahrenermittlung							Verantwortlichkeit						Betroffenheit WVU					Relevanz		
Gefahren			**Quelle**				**Ursache**			**Verantw.**			**Betroffenheit**					**Relevanz**		
Kategorie	Nr.	Gefahrenquelle	Leitfaden Teil 1 (BBK,2016)	Schutz Kritischer Infrastrukturen (BMI,2009)	DVGW W 1001-B1 (DVGW,2011)	Störfalldokumentation (SOWAG, 2022)	Intern	Extern	Exposition im VG	Wasserversorger	Land/ Kommune	Bund	Anlagen, Bauwerke	Verteilungsnetz	Personal	Region	Gefahrenausmaß	Eintrittswahrscheinlichkeit	Relevanz	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 ableiten
A	n	Gefahr n				x	x		x	●			1	1	2	3	**1,8**	2	**3,5**	

Quelle: Heumer et al. (2023a)

Gefährdungsanalyse

Ergebnisse

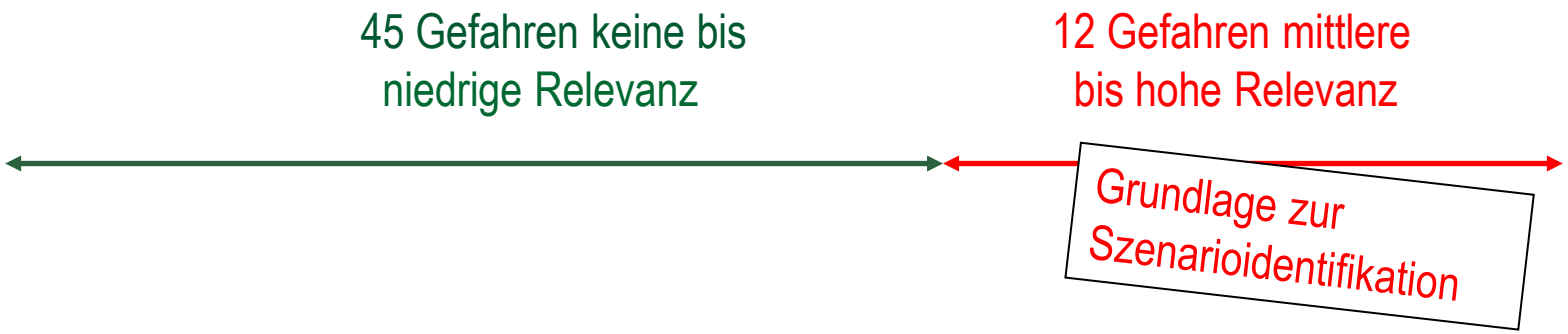
Insgesamt:

18 Naturgefahren

29 Technische Störungen und menschliches Versagen

10 Anschläge, Sabotage, kriegerische Handlungen

57 Einzelgefahren ermittelt und bewertet



Gefährdungsanalyse

Ergebnisse

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 potenziellem Bedarfsdeckungsdefizit
N-10	Sturm, Tornado, Unwetter	5,25	3. Szenario: Ausfall einer Einzelanlage
T-1	Unternehmensorganisation	4,5	Absicherung über Qualitäts-,
T-20	Rohrbruch auf Fernwasserleitung	5,25	4. Szenario: Rohrbruch auf ei
T-21	Einspeisung von Nicht- Trinkwasser	6,75	1. Szenario: Gefahrstoffeintra
T-22	Stromausfall kurz, punktuell	5,25	3. Szenario: Ausfall einer Ein
T-23	Stromausfall lang, flächendeckend	6	5. Szenario: flächendeckend
T-24	Ausfall Informationstechnik	4,5	3. Szenario: Ausfall einer Ein
T-27	Unfälle mit Gefahrstoffen	6	1. Szenario: Gefahrstoffeintra
T-28	Gewässerverunreinigung	4,5	1. Szenario: Gefahrstoffeintra
T-29	Landwirtschaftliche Einträge	6	1. Szenario: Gefahrstoffeintra
A-3	unzureichender Objektschutz, Einbruch, Diebstahl, Vandalismus	4,5	3. Szenario: Ausfall einer Einzelanlage

Szenariobildung

1. Gefahrstoffeintrag
2. Langanhaltende Trockenperiode
3. Rohrbruch Hauptversorgungsleitung
4. Ausfall einer systemrelevanten Komponente
5. Flächendeckender Stromausfall

Quelle: Heumer et al. (2023a)

Gefährdungsanalyse

Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick

Ergebnisse:

- **Naturgefahren**: standortspezifisch - Eintrittswahrscheinlichkeit bekannt oder prognostizierbar
- **Projektionen klimatischer Veränderungen:** Zunahme von Extremereignissen – zunehmende Gefährdung
- **Technischen Störungen** - Fokus auf **Extremereignissen** z.B. Blackout - Eintrittswahrscheinlichkeiten nur bedingt ermittelbar
- Anschläge, Sabotagen oder kriegerische Handlungen: Fokus **Cyberattacke** (BMI, 2022)
- Gefahrenbewertung: zum Teil **umfangreiche Recherchen** und **Expertenwissen** notwendig

Gefährdungsanalyse

Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick

Methodik und deren Anwendungsgrenzen:

- Methodik ermöglicht eine mit Zahlen belegte **Priorisierung** der Gefährdungen der öffentlichen Wasserversorgung
- fehlende Bewertungsgrundlagen führen zu **subjektiven Bewertungen** und damit zur reduzierten Möglichkeit der Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Forschungsbedarf und Ausblick:

- Beurteilung **singulärer Extremereignisse**, z.B. Eintrittswahrscheinlichkeit und Intensität von Sturzfluten und langanhaltenden Trockenperioden
- Genauere **Prognose der quantitativen und qualitativen Entwicklung** der nutzbaren **Grundwasserdargebote**

Gefährdungsanalyse

Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick

Vorschlag – **Mindestumfang der Gefahrenanalyse** für Wasserversorger

Umsetzung per Erlass in Sachsen (SMEKUL, 2024)

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

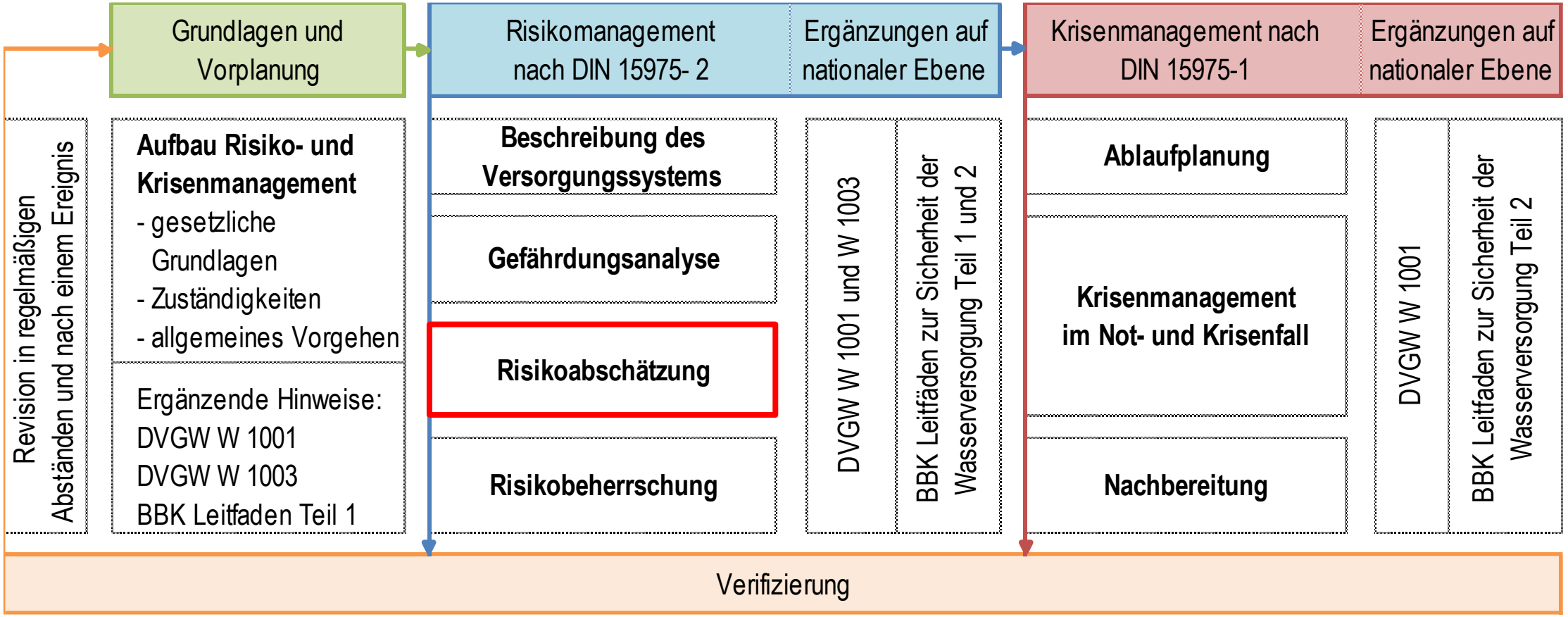
* vorrangige Nutzung zur Szenariobildung

Quelle: Heumer et al. (2023a)

Risikoabschätzung

Risikoabschätzung

Einordnung des Kapitels in das Risiko- und Krisenmanagement nach DIN EN 15975



Quelle: Heumer et al. (2023c)

Risikoabschätzung

Stand des Wissens und Zielsetzung



Quelle: BBK (2016)

Hydrodynamische Simulationen

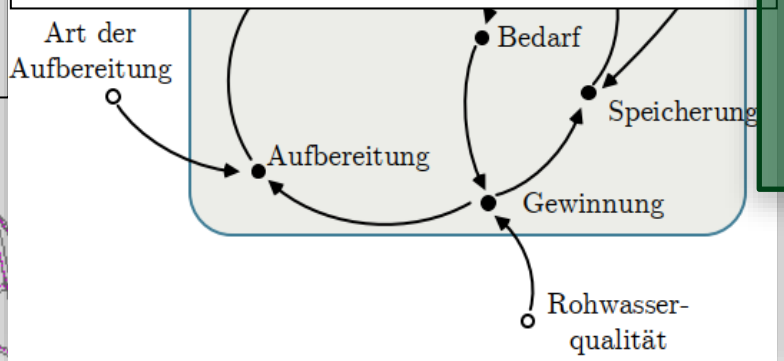
Grundsätze: Todini (2000);
Weiterentwicklung: Bonara et al. (2020);
Resilienzbeurteilung: Klise et al. (2023)



Quelle: EPA (2025)

System Dynamics Modellierungen

Notwasserversorgung: Broß (2020b)
Trinkwasserversorgung Indonesien:
Daniel et al. (2021)
Auswirkungen des Klimawandels auf die TWV:
Phan et al. (2018)



Quelle: Broß (2020b)

Umsetzungsbeispiele für Bilanzmodelle (begrenzt auf Ergebnisdokumentation):

Städte Leipzig (Hüttner & Winkler, 2020) und Dresden (Hüttner et al., 20218)

Zielstellung
Technikorientiertes Verfahren zur Ermittlung der Resilienzeigenschaften – mit einer möglichst niedrigen Anwendungsschwelle

Risikoabschätzung

Methodik - Mathematische Beschreibung

Bilanzgrenzen = Versorgungsgebiet

Wasserwerk, Einspeisung

TW-Verbrauch, Verluste, Ausspeisung

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

Integralgrenzen: vorhandenes Speichervolumen (S_0) – bis zum Leerlaufen (0)

$$\int_{S_0}^{0} dS = \int_{0}^{t} Q_{zu} - Q_{ab}\ dt$$

Integral der Differenz aus Zu- und Abflüssen ($Q_{zu} - Q_{ab}$) für bestimmten Zeitraum (t)

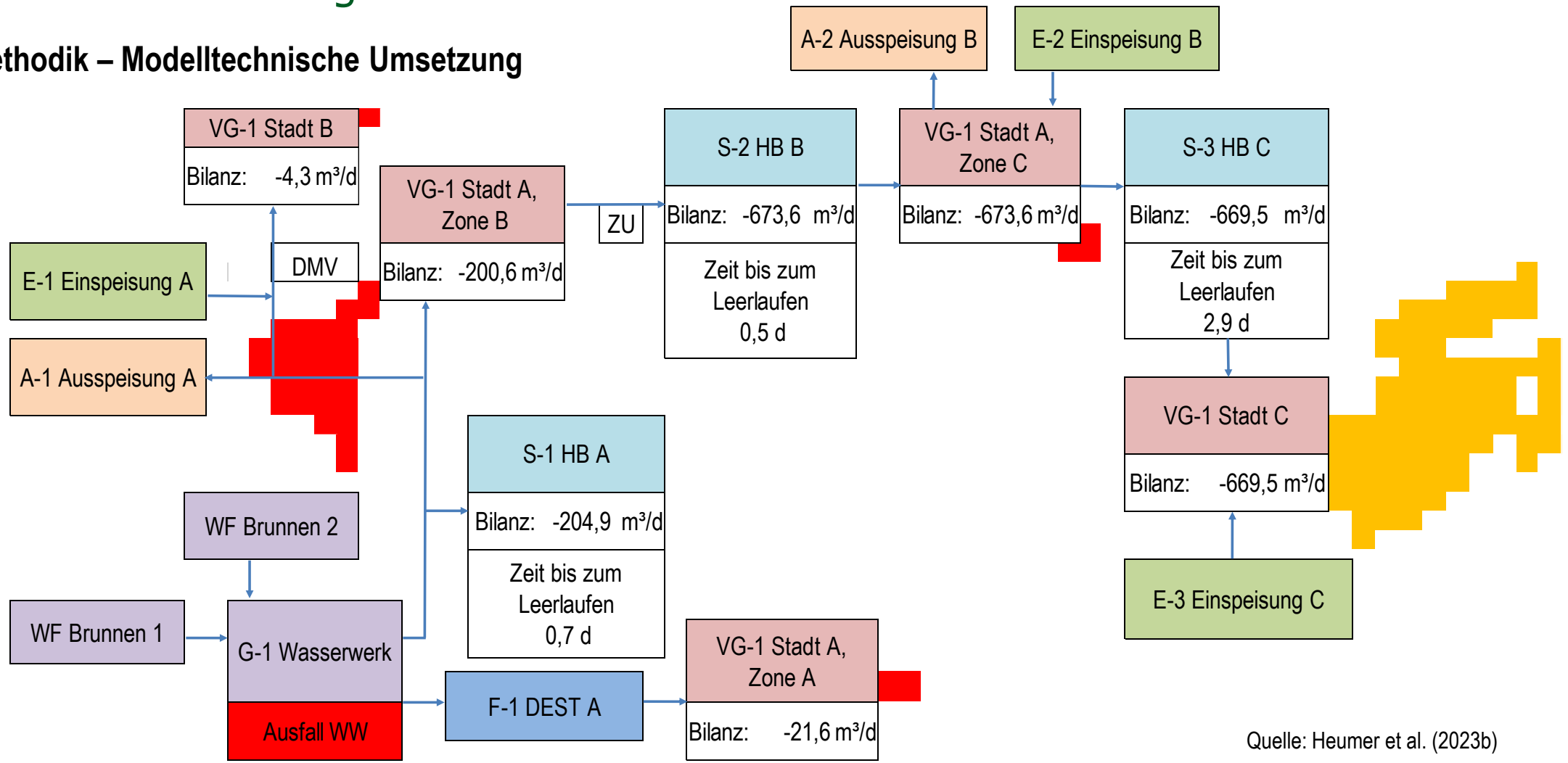
Verbleibende Versorgungszeit t (Annahme: stationäre Bedingungen)

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

TW-Speichervolumen

Risikoabschätzung

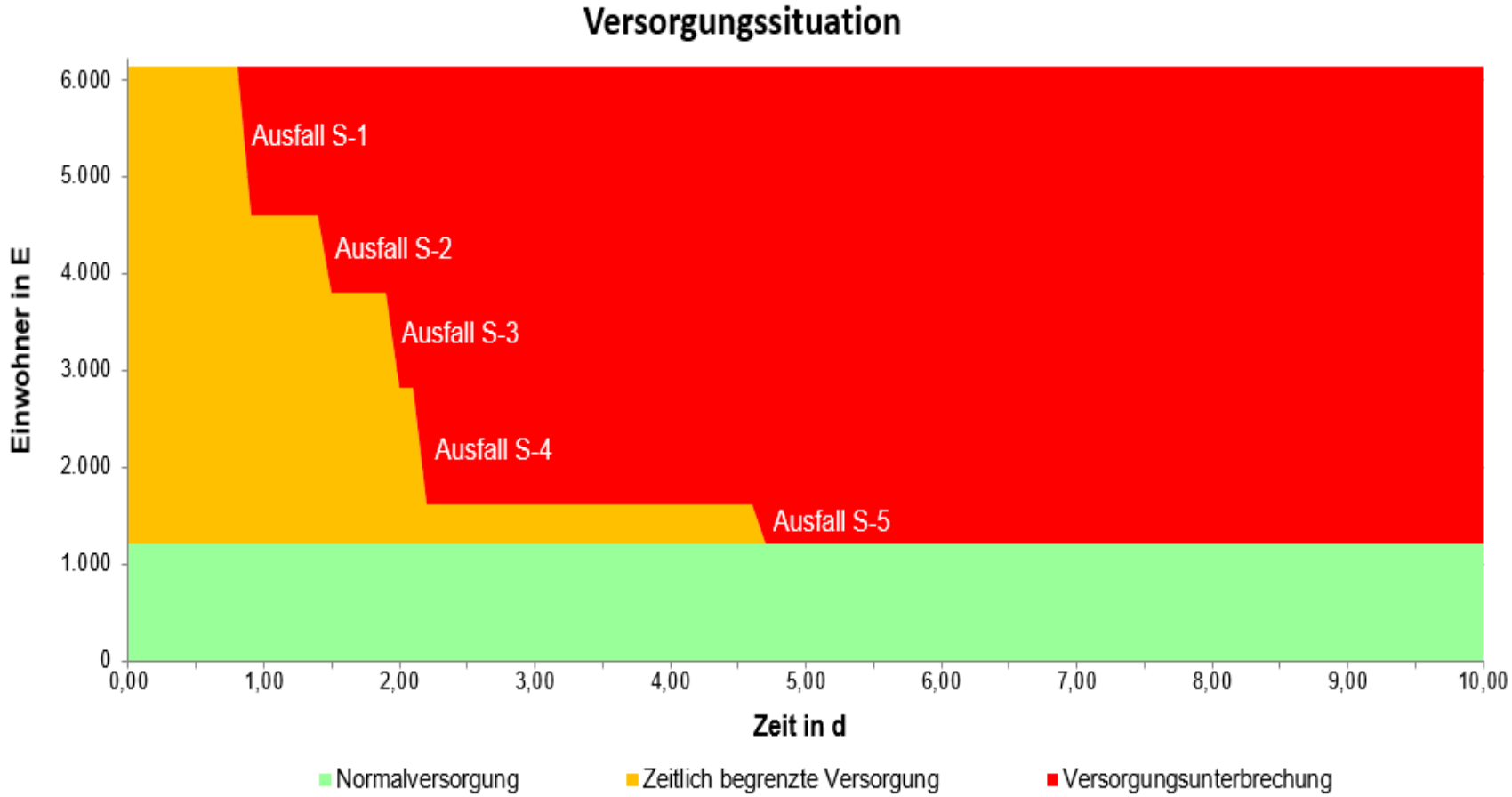
Methodik – Modelltechnische Umsetzung



Quelle: Heumer et al. (2023b)

Risikoabschätzung

Methodik – Modelltechnische Umsetzung



Quelle: Heumer et al. (2023b)

Risikoabschätzung

Verbrauchsfaktoren
Quelle: Heumer et al. (2023b, 2023c)

Methodik – Eingangsparametrierung Szenarioabhängig

Flächendeckender Stromausfall

$$Q_{d,EW} = Q_{dm} \cdot f_{d,EW}$$

$$f_{d,EW} = \frac{q_{EW} \cdot E}{Q_{dm,Haushalt\ und\ Kleingewerbe}}$$

Ersatzwasserbedarf q_{EW}= 50 l/(E·d)
Quelle: KZV (2016), BBK (2022)

$Q_{d,EW}$ täglicher Ersatzwasserbedarf [m³/d]

$f_{d,EW}$ Verbrauchsfaktor der Ersatzwasserversorgung [<1,0]

Abschätzung Notwasserbedarf

$$Q_{d,NW} = Q_{dm} \cdot f_{d,NW}$$

$$f_{d,NW} = \frac{q_{NW} \cdot E}{Q_{d,Haushalt\ und\ Kleingewerbe}}$$

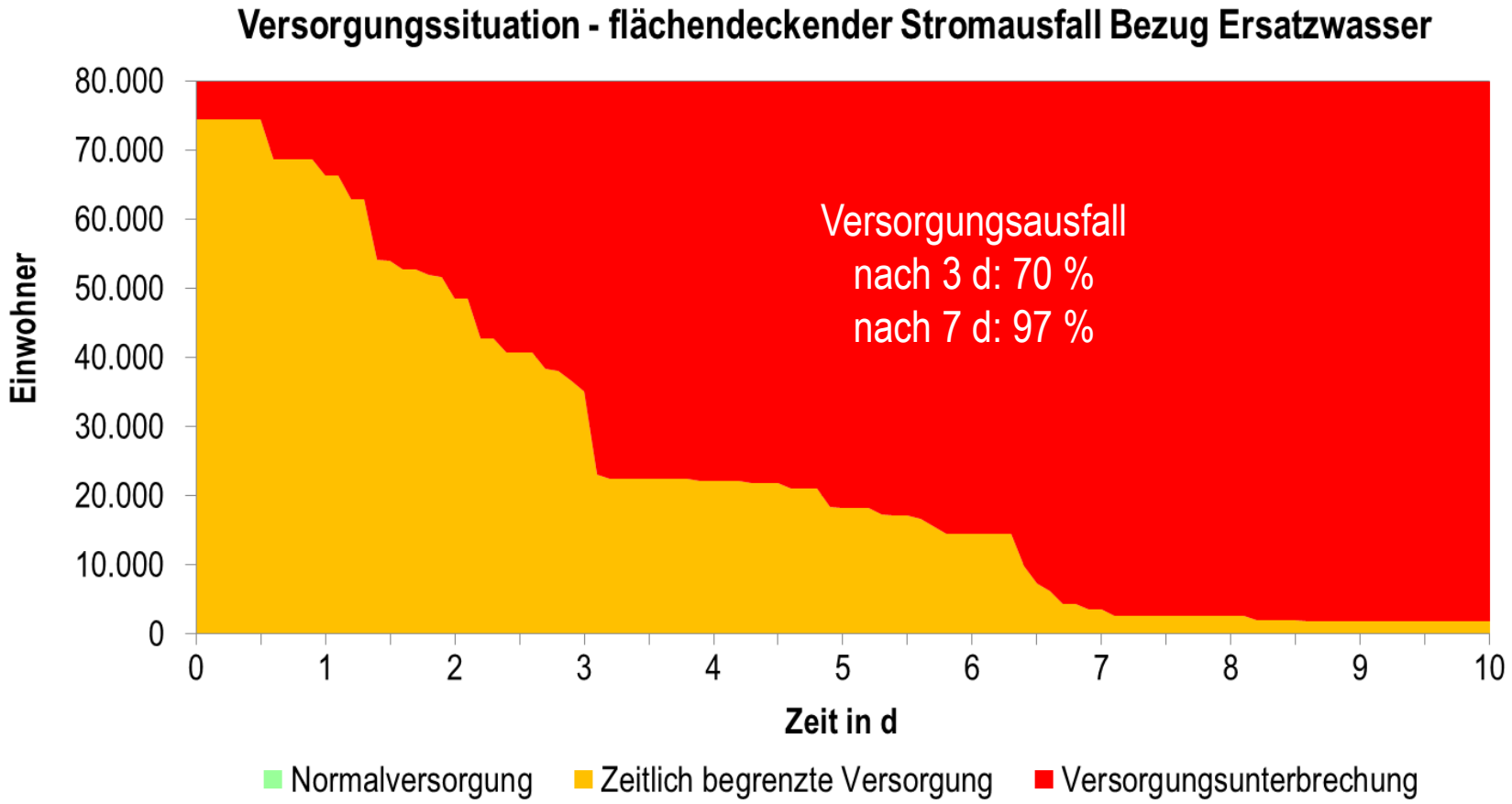
Notwasserbedarf q_{NW}: 15 l/(E·d)
Quelle: KZV (2016), BBK (2022)

$Q_{d,NW}$ täglicher Notwasserbedarf [m³/d]

$f_{d,NW}$ Verbrauchsfaktor der Notwasserversorgung [<1,0]

Risikoabschätzung

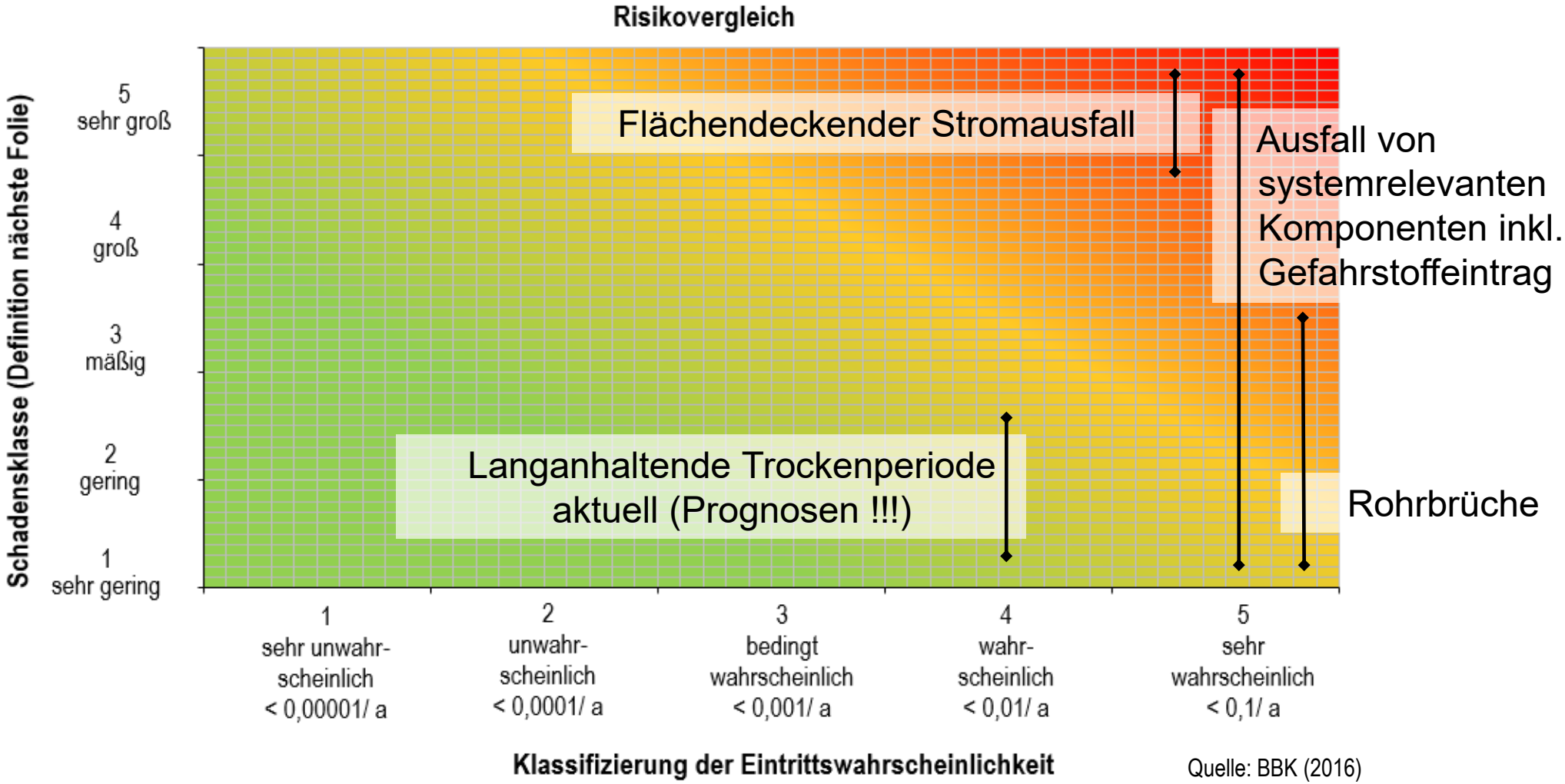
Ergebnisse



Quelle: Heumer et al. (2023b)

Risikoabschätzung

Ergebnisse



Quelle: BBK (2016)

Risikoabschätzung

Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick

Ergebnisse:

- kritischste Betroffenheit: **flächendeckender Stromausfall** und **Ausfall von systemrelevanten Komponenten**
- **Prognose** zum **Schadensausmaß** und zum **Notwasserbedarf** in Abhängigkeit der Versorgungsstruktur enthalten

Methodik und deren Anwendungsgrenzen:

- **einfache Handhabung** mit wenig Programmieraufwand - ergänzt hydraulische Modelle vgl. Todini (2000); Bonara et al. (2020); -
- **Tabellenkalkulationsprogramm** als Simulationssoftware wirkt limitierend **–** aber **breite Verfügbarkeit** in der Anwendung
- **nicht zur exakten Wasserbedarfsermittlung und hydraulischen Simulation** geeignet
- Näherungsweise Ermittlung des **Ersatz- und Notwasserbedarfs wird aufgrund vorhandener Unsicherheiten als ausreichend** eingeschätzt

Risikoabschätzung

Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick

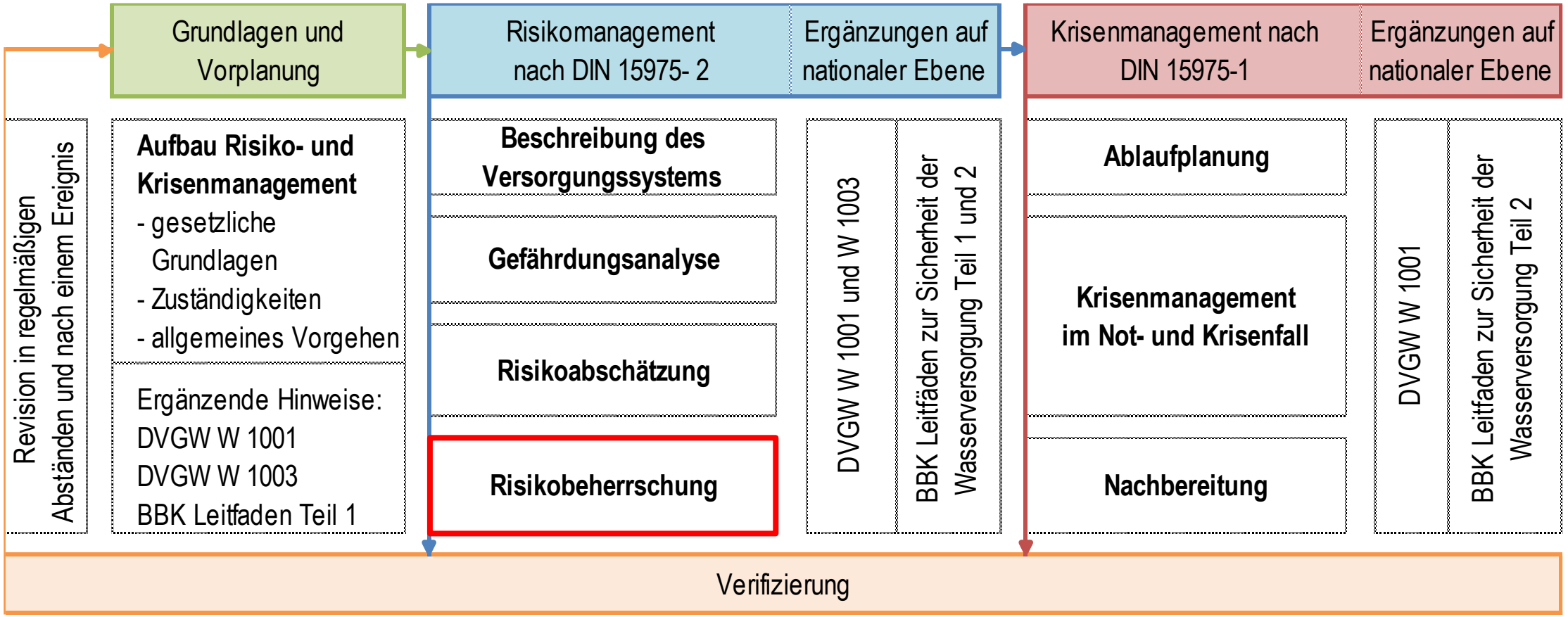
Forschungsbedarf und Ausblick:

- **heterogene Ansätze der Ersatz- und Notwasserbedarfs**
  WHO (2013), Broß et al. (2019a), Heumer et al. (2024b), KZV (2016), BBK (2022)
- Weitere Anwendungsfälle der Bilanzmodelle zur Maßnahmeplanung oder Einsatz der Bilanzmodelle im Krisenmanagement

Risikobeherrschung

Risikobeherrschung

Einordnung des Kapitels in das Risiko- und Krisenmanagement nach DIN EN 15975



Quelle: Heumer et al. (2023c)

Risikobeherrschung

Stand des Wissens und Zielsetzung

DVGW- Regelwerk

DVGW W 410 Wasserbedarfsermittlung,

DVGW W 405 Ermittlung des Löschwasserbeda

DVGW W 202 technische Regeln für die,

Wasseraufbereitung,

DVGW W 400-1-2 technische Regeln

Wasserverteilungsnetze,

DVGW W 300-1 Planung und Bau von

Wasserbehältern,

DVGW W 610 Pumpensysteme,

DVGW W 1003 Resilienz und Versorgungssicherheit

Normalbetrieb



Quelle: KZV. (2016)



Quelle: Broß et al. (2019b)

Wenige allgemeine und keine konkreten Publikationen zur Umsetzung von Maßnahmen der Härtung der leitungsgebundenen Wasserversorgung

Zielstellung

Identifikation und Planung von Maßnahmen auf der Basis von Risikoanalysen

Risikobeherrschung

Methodik - Mathematische Beschreibung

Erweiterter Bilanzraum

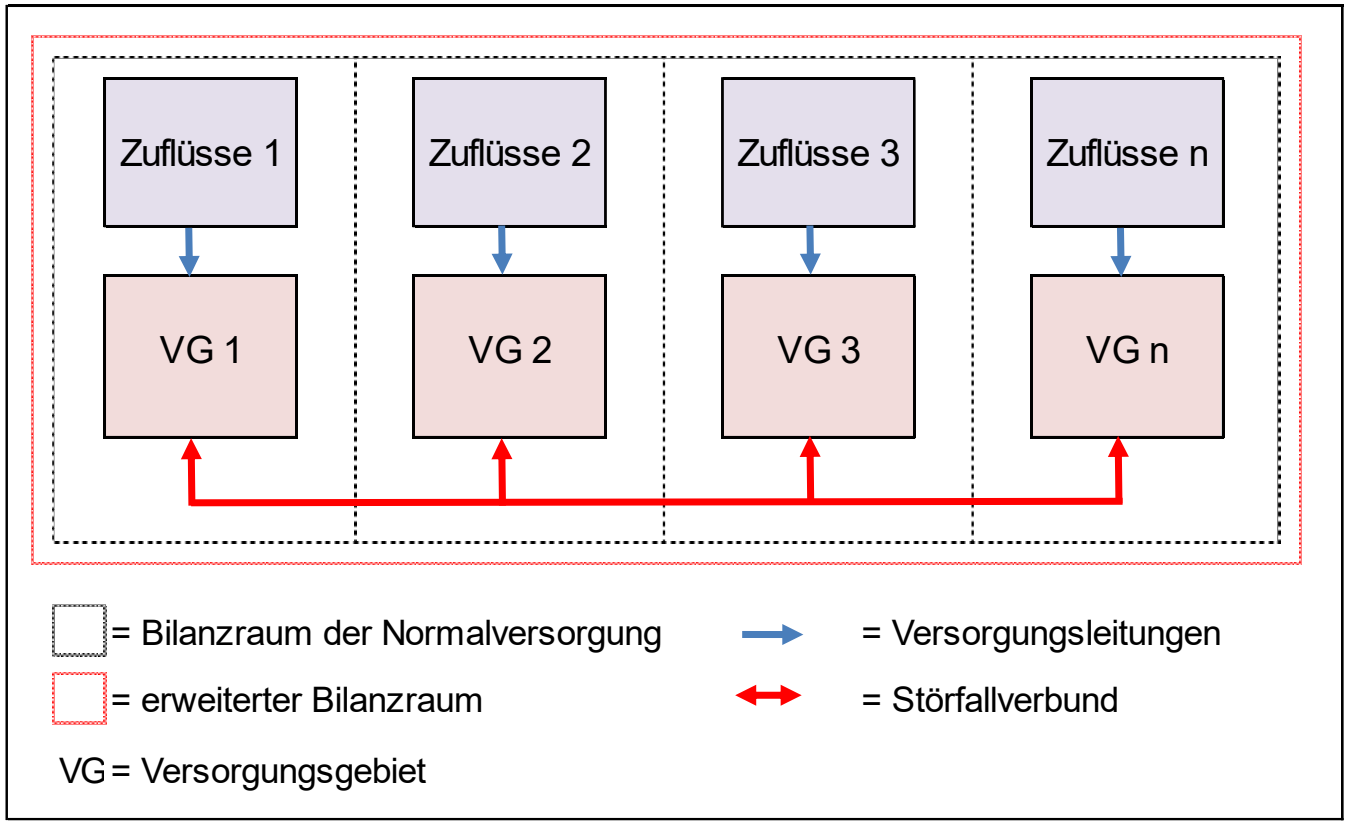
$$\frac{dS(t)}{dt} = \Sigma Q(t) =$$

$$\Sigma Q_{zu,1}(t) - \Sigma Q_{ab,1}(t) + \Sigma Q_{zu,2}(t) - \Sigma Q_{ab,2}(t) + \cdots + \Sigma Q_{zu,n}(t) - \Sigma Q_{ab,n}(t)$$

ΣQ Differenzwert der Zu- und Abflüsse [m³]
ΣQ_{ab} Summe der Abflüsse aus dem Trinkwassersystem [m³]
ΣQ_{zu} Summe der Zuflussströme im Trinkwassersystem [m³]
t Betrachtungszeitraum [d]

Risikobeherrschung

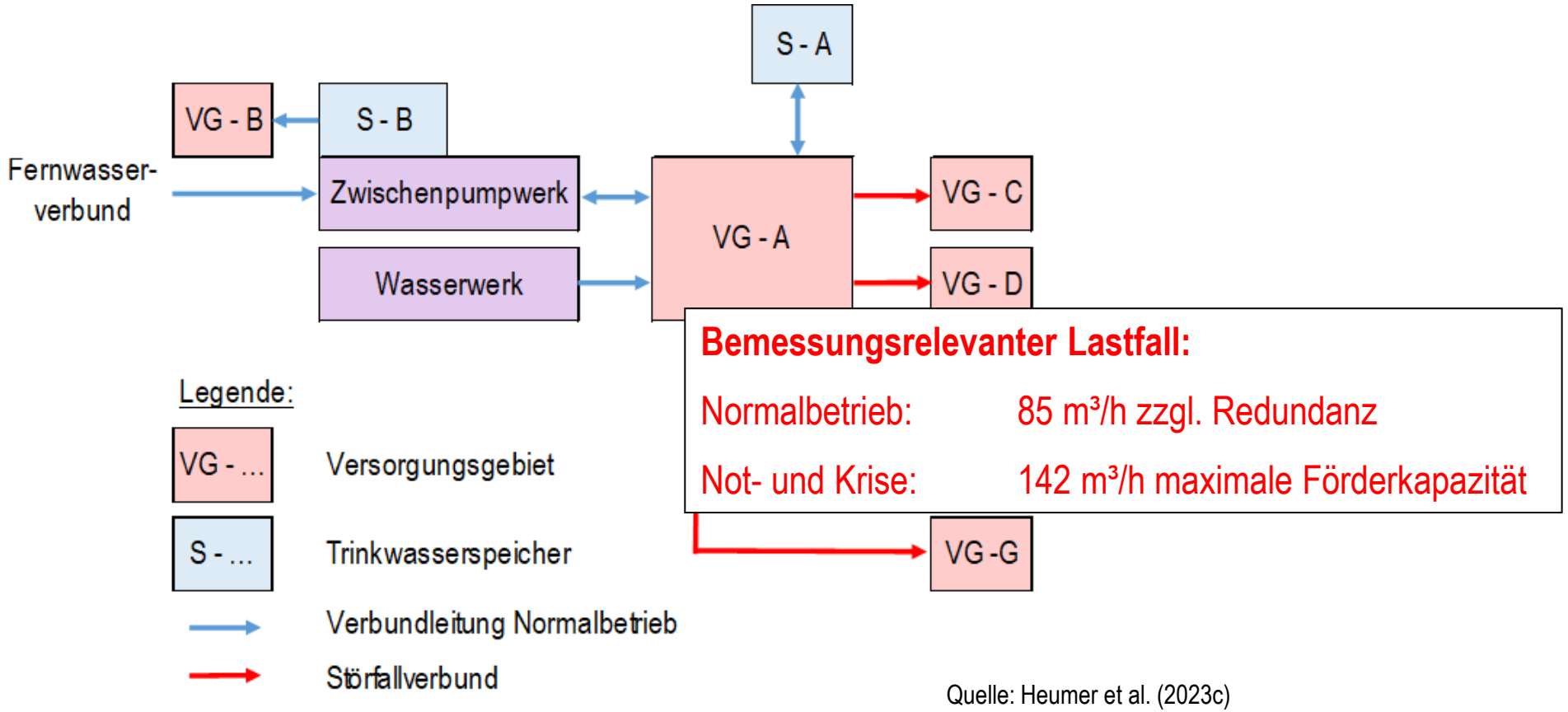
Methodik – Modelltechnische Umsetzung



Quelle: Heumer et al. (2023c)

Risikobeherrschung

Methodik – Modelltechnische Umsetzung am Beispiel eines Fernwasserverbunds



Bemessungsrelevanter Lastfall:

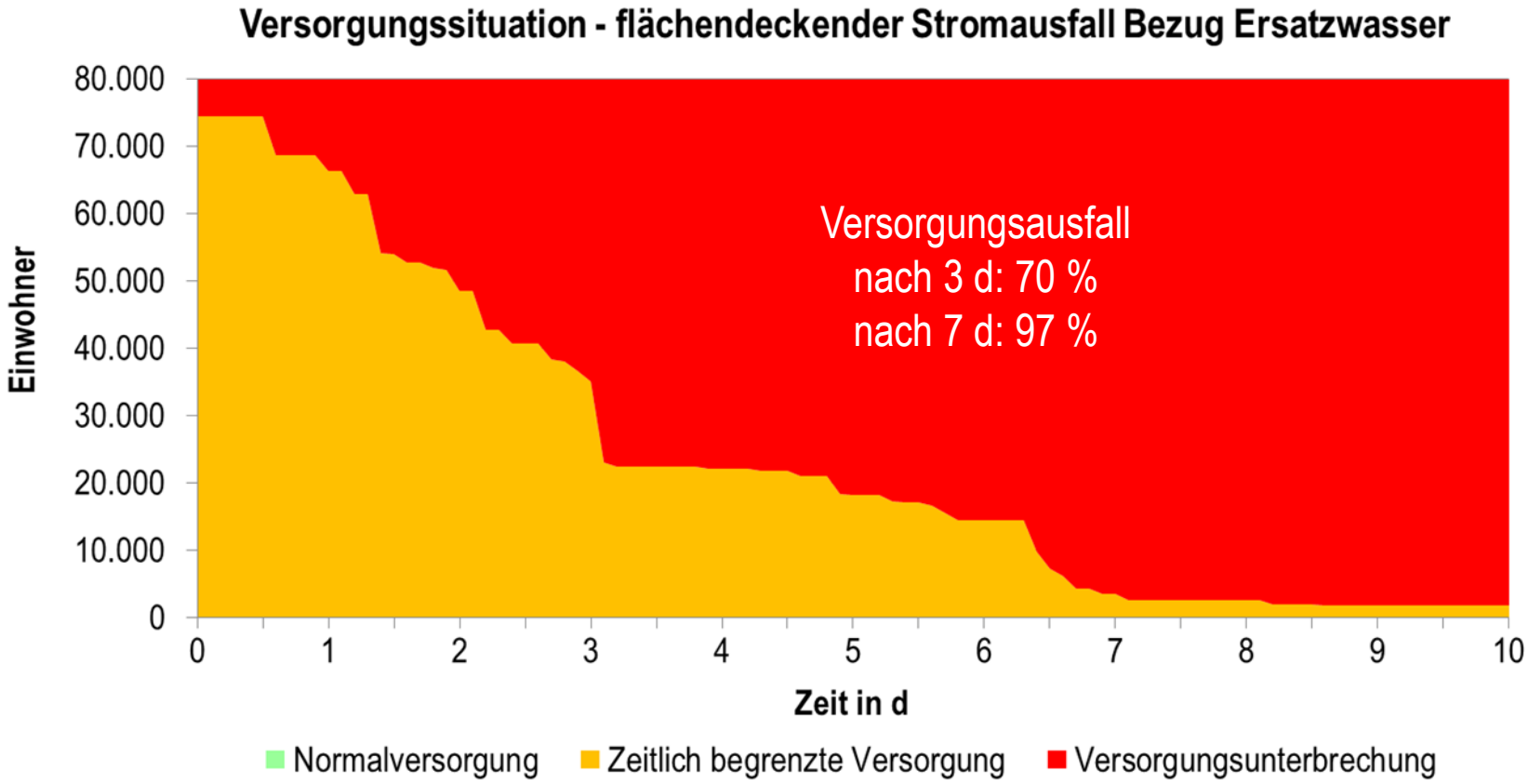
Normalbetrieb: 85 m³/h zzgl. Redundanz

Not- und Krise: 142 m³/h maximale Förderkapazität

Quelle: Heumer et al. (2023c)

Risikobeherrschung

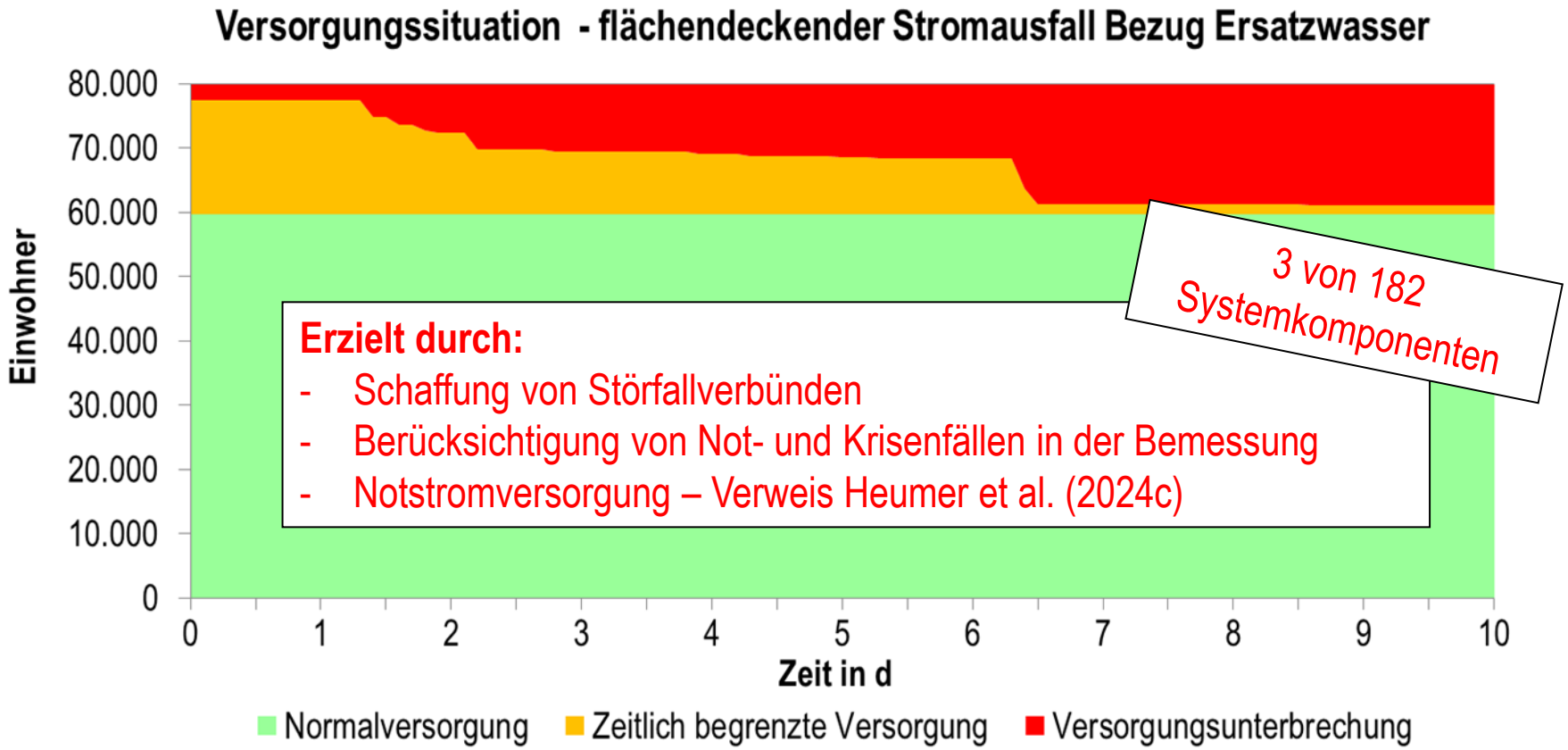
Ergebnisse



Quelle: Heumer et al. (2023c)

Risikobeherrschung

Ergebnisse



Quelle: Heumer et al. (2023c)

Risikobeherrschung

Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick

Ergebnisse:

- Normalbetrieb: ausreichend und fundierte Planungsgrundlagen vorhanden vgl. DVGW- und DWA Regelwerk
- Not- und Krisenfälle**:** es existieren nur **unzureichende Bemessungsregeln**
- Errichtung von **Verbundsystemen, Kapazitätserweiterungen** bestehender Anlagen und **Notstromversorgung** führen zu höheren Resilienzen

Methodik und Anwendungsgrenzen:

- **nicht geeignet für hydraulische Nachweise**
- In der Bemessung existieren die gleichen **Unsicherheiten** - Ermittlung des **Ersatz- und Notwasserbedarfs**

Risikobeherrschung

Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick

Forschungsbedarf und Ausblick:

- Vorschlag - **Normative Ergänzungen** für Not- und Krisenfälle:
  - Risikoanalysen der Wasserversorgungssysteme
  - Aufrechterhaltung des Betriebes mit einer minimalen Anzahl an Anlagen
  - Verzicht auf einen Mindestversorgungsdruck
  - Ausnutzung der vollen technischen Kapazität ohne Redundanz für den Not-und Krisenfall
  - szenarioabhängige Verbrauchsansätze

Zusammenfassende Diskussion, Schlussfolgerungen und Ausblick

Zusammenfassende Diskussion, Schlussfolgerungen und Ausblick

Beantwortung der zentralen Forschungsfragen

Wie lassen sich auf Unternehmensebene belastbare Risikoanalysen durchführen?

Wie können aus der Risikoanalyse geeignete Maßnahmen zur Erhöhung der Resilienz abgeleitet werden?

Zusammenfassende Diskussion, Schlussfolgerungen und Ausblick

Beantwortung der zentralen Forschungsfragen

Rechtliche Grundlagen:	Vorgaben zur Umsetzung des Risikomanagements und der Maßnahmen zur Härtung der Trinkwasserver- und Abwasserentsorgung stärker diskutieren
Gefahrenanalyse:	qualifizierte Vorauswahl mit einer begrenzten Anzahl von prioritären Gefährdungen – Reduzierung Arbeitsaufwand, auch für die folgenden Schritte des Risikomanagements
Risikoabschätzung:	Bilanzmodelle - einfache Methodik zur Ermittlung des Schadensausmaßes - fehlende Detaillierungsgrade - angesichts vorhandener Unsicherheiten als ausreichend eingeschätzt – Reduzierung Arbeitsaufwand und niedrige Anwendungsschwelle
Risikobeherrschung:	Betrachtung erweiterter Bilanzräume - Steigerung der Resilienz durch: Verbundleitungen, Berücksichtigung von Not- und Krisenfällen in der Bemessung (Erweiterung technisches Regelwerk) und Notstromversorgung

Zusammenfassende Diskussion, Schlussfolgerungen und Ausblick

Forschungsbedarf und Ausblick

Ergebnisbewertung	Anwendung nur am Fallbeispiel der SOWAG – weitergehende Validierung und Vergleich mit anderen Methoden notwendig
Anonymisierte Publikation	Anreiz zur Veröffentlichung weiterer Maßnahmen oder Datenaustausch auf Unternehmensebene
Heterogene Mengenansätze	WHO (2013), Broß et al. (2019a), Heumer et al. (2024b), KZV (2016), BBK (2022) – Vorschlag: länderübergreifende Standards, Normen oder gesetzliche Grundlagen erarbeiten
Datenbereitstellung	Simulation singulärer Extremereignisse, Prognose der Grundwasserneubildung und auf Unternehmensebene in der Datenerfassung von Not- und Krisenfällen
Perspektivisch	Einsatz von Bilanzmodellen im operativen Krisenmanagement

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Sonderdruck SMEKUL

Heumer et al. (2024b) – Publikation 1-5

https://www.wasser.sachsen.de/grundsatzkonzeption.html

Kapitel 4 – Versorgungssicherheit

Dissertation -Risikoanalyse von Trinkwasserversorgungssystemen in kleinen bis mittleren Wasserversorgungsunternehmen und Ableitung von Maßnahmen der Risikominimierung- Heumer et al. (2025)

https://doi.org/10.18453/rosdok_id00004734

Publikationen (Forschungsartikel Peer-Reviewed)

(1) Heumer, F.; Tränckner, J.; Grischek, T. Sicherheit der Wasserversorgung **– Gesetzliche Grundlagen und Zuständigkeiten aus Sicht der Wasserversorgung**. gwf-Wasser/Abwasser 11/2022, S. 73–82. doi:10.17560/gwfwa.v163i11.2624.

(2) Heumer, F.; Tränckner, J.; Grischek, T. Sicherheit der Wasserversorgung – **Priorisierung von Gefährdungen der Trinkwasserversorgung im Rahmen der Risikoanalyse**. gwf-Wasser/Abwasser 03/2023, S. 63–75. doi:10.17560/gwfwa.v164i3.2642.

(3) Heumer, F.; Kritzner, W.; Tränckner, J.; Grischek, T. Sicherung der Wasserversorgung – **Vulnerabilitätsermittlungen der Trinkwasserversorgung im Rahmen der Risikoanalyse**. gwf-Wasser/Abwasser 09/2023, S. 71–79. doi:10.17560/gwfwa.v164i09.2671.

(4) 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/gwfwa.v164i12.2699.

(5) Heumer, F.; Wienand, I.; Tränckner, J.; Grischek, T. **Blackout Vorsorge – Pilotprojekt der Dieselbevorratung**. gwf-Wasser/Abwasser 04/2024, S. 109–120. doi:10.17560/gwfwa.v165i4.2732.

(6) Heumer, F.; Tränckner, J.; Grischek, T. Water supply security **- risk management instruments in water supply companies**. Water 2024, 16, 1814. doi:10.3390/w16131814.

Quellen

Abuzerr, S.; Hadi, M.; Zinszer, K.; Nasseri, S.; Yunesian, M.; Mahvi, A. H.; Nabizadeh, R.; Mohammed, S. H. Comprehensive (2020) 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.

Adams, C.; Degour, J.; Derosa, A.; Lane, C.; Lowndes, D.; Mapp, L.; McFadden, L.; Morley, K.; Pickard, B.; Santillo, N.; Sullivan, J.; Szabo, J. Thomas, N.; Travers, D.; Walters, R.; Wisniewski, L. (2024) Roadmap to a Secure and Resilient Water and Wastewater Sector, developed by Water and Wastewater Sector Strategic Roadmap Work Group. United States Environmental Protection Agency: 01/2024.

Bartram, J.; Corrales, L.; Davison, A.; Deere, D.; Drury, D.; Gordon, B.; Howard, G.; Rinehold, A.; Stevens, M. (2009) Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers. Stand 2009, Genf: Hrsg. World Health Organization.

BBK (2016) Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe: Sicherheit der Trinkwasserversorgung Teil 1: Risikoanalyse. Bonn: Hrsg. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe.

BBK (2022) Rahmenkonzept der Trinkwassernotversorgung - Neukonzeption zur Anpassung an veränderte Rahmenbedingungen in Anlehnung an die Konzeption zivile Verteidigung. Feb. 2022. Hrsg. BBK, Bonn.

BMI (2009) Bundesministerium des Inneren (BMI). Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS- Strategie). Stand 2009, Hrsg. BMI, Berlin.

BMI (2011) Bundesministerium des Inneren (BMI): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko- und Krisenmanagement Leitfaden für Unternehmen und Behörden. Stand 05/2011, Berlin: Hrsg. BMI.

BMI (2022) 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.

Bonora, M.A.; Caldarola, F.; Maiolo, M. (2020) A New Set of Local Indices Applied to a Water Network through Demand and Pressure Driven Analysis (DDA and PDA). Water 2020, 12, 2210. doi:10.3390/w12082210.

Broß, L.; Krause, S.; Wannewitz, M.; Stock, E.; Sandholz, S.; Wienand, I. (2019a) Insecure Security: Emergency Water Supply and Minimum Standards in Countries with a High Supply Reliability. Water 2019, 11, 732. doi:10.3390/w11040732.

Broß, L.; Wienand, I.; Krause, S.(2019b) 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.

Broß, L.; Wienand, I., Krause, S. (2020a): Stand der Notfallvorsorgeplanung in der Wasserversorgung in Deutschland. gwf-Wasser/Abwasser 09/2020, S. 40–51.

Broß, L. (2020b) Wasserversorgung in Notsituationen—Verfahren zur Beurteilung der Resilienz von Wasserversorgungssystemen unter Berücksichtigung der Ersatz- und Notwasserversorgung Mitteilungen Institut für Wasserwesen Nr. 133; Universität der Bundeswehr München, 2020; ISBN 978-3943297514.

BSI (2022) Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik – BSI. Einschätzung der aktuellen Cyber-Sicherheitslage in Deutschland nach dem russischen Angriff auf die Ukraine. Hrsg. BSI: Bonn, 03/2022.

Quellen

BWK (2013) Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V.. Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge. BWK-Fachinformation 1/2013.

DIN EN 15975-1 (2016) Deutsches Institut für Normung e. V., DIN EN 15975-1 Sicherheit der Trinkwasserversorgung - Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement - Teil 1: Krisenmanagement. Deutsche Fassung, Stand 03/2016, Berlin: Beuth Verlag GmbH.

DIN EN 15975-2 (2013) Deutsches Institut für Normung e. V., DIN EN 15975-2 Sicherheit der Trinkwasserversorgung - Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement - Teil 2: Risikomanagement. Deutsche Fassung, Stand 12/2013, Berlin: Beuth Verlag GmbH.

DVGW (2011) 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.

DWA (2013) Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA). Merkblatt DWA-M 103 Hochwasserschutz für Abwasseranlagen. Stand: 10/2013, Hennef: Hrsg. DWA.

EPA (2025) United States Enviromental Protection Agency (EPA): EPANET 2 Users Manual (EPA/600/R-00/057), https://epanet22.readthedocs.io/en/latest/7_map.html, aufgerufen am 17.01.2025

Heumer, F.; Tränckner, J., Grischek, T. (2022) Sicherung der Wasserversorgung – Gesetzliche Grundlagen und Zuständigkeiten aus Sicht der Wasserversorgung. gwf-Wasser/Abwasser 11/2022, S. 73-83. doi:10.17560/gwfwa.v163i11.2624.

Heumer, F.; Tränckner, J., Grischek, T. (2023a) Sicherung der Wasserversorgung – Priorisierung von Gefährdungen der Trinkwasserversorgung. gwf-Wasser/Abwasser 03/2023, S. 63-75. doi:10.17560/gwfwa.v164i3.2642.

Heumer, F.; Kritzner, W.; Tränckner, J., Grischek, T. (2023b):Sicherung der Wasserversorgung – Vulnerabilitätsermittlungen der Trinkwasserversorgung im Rahmen der Risikoanalyse. gwf-Wasser/Abwasser 09/2023, 71-79. doi:10.17560/gwfwa.v164i09.2671.

Heumer, F.; Wienand, I.; Tränckner, J.; Grischek, T. (2023c) Sicherung der Wasserversorgung – Dimensionierung eines Zwischenpumpwerks unter Beachtung von Not- und Krisenfällen. gwf-Wasser/Abwasser 12/2023, S. 63–72. doi:10.17560/gwfwa.v164i12.2699.

Heumer, F.; Wienand, I.; Kritzner, W.; Tränckner, J.; Grischek, T. (2024a)Sicherheit der Wasserversorgung. gwf-Wasser/Abwasser Sonderdruck 2024, Jahrgang 163/164/165, ISSN 0016-3651/ B5399, Hrsg. Vulkan-Verlag GmbH, Essen, finanziert durch das Sächsische Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft.

Heumer, F.; Tränckner, J.; Grischek, T. (2024b) Water supply security - risk management instruments in water supply companies. Water 2024, 16, 1814. doi:10.3390/w16131814.

Heumer, F.; Wienand, I.; Tränckner, J., Grischek, T. (2024c) Blackout Vorsorge – Pilotprojekt der Dieselbevorratung. gwf-Wasser/Abwasser 04/2024, S. 109–120. doi:10.17560/gwfwa. v165i4.2732.

Hüttner, D.; Winkler, U. (2020) Praktische Erfahrungen bei der Durchführung einer Risikoanalyse der öffentlichen Wasserversorgung für die Stadt Leipzig. Sonderdruck gwf-Wasser/Abwasser 01/2020, S. 1–5.

Quellen

Hüttner, D.; Kalfhaus, B.; Opitz, R.; Mucha, M.; Wienand, I. (2018) Risikoanalyse der öffentlichen Wasserversorgung – Methoden und Erkenntnisse aus Dresden und Leipzig. BBK Bevölkerungsschutz 3/2018, S. 12–17.

Klise, K., Hart, D.; Bynum, M.; Hogge, J.; Haxton, T.; Murray, R., Burkhardt, J. (2023) Water Network Tool for Resilience (WNTR) User Manual Version 1.0. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/B-23/098, 2023

Kubiak-Wójcicka, K.; Jamorska, I.; Górski, Ł. (2021) The identification of risks for drinking water intakes in urbanized area: The case study of Toruń (Central Poland). Water 2021, 13(23), 3378. doi:10.3390/w13233378.

KZV (2016) Konzeption Zivile Verteidigung (KZV). Aug. 2016. Hrsg. Bundesministerium des Innern, Berlin.

Lee, H.; Romero, J. (2023) IPCC: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Eds. IPCC: Geneva, Switzerland, 03/2023, pp. 1-34. doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001.

LfULG (2019) iDA Datenportal für Sachsen - Aufgabenträger der öffentlichen Wasserversorgung. Stand 26.04.2019, Dresden: Hrsg. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG).

LfULG (2014) Landwirtschaft und Geologie (LfULG). Klimawandel und Wasserhaushalt in Sachsen (KliWES) Schriftenreihe, Heft 32/2014, Hrsg. LfULG, Dresden.

Luh, J.; Royster, S.; Sebastian, D.; Ojomo, E.; Bartram, J. (2017) Expert assessment of the resilience of drinking water and sanitation systems to climate-related hazards. Science of The Total Environment 2017, 592, 334–344.,

Mank, I. (2015) Energy blackouts and water outages: A risk management approach towards raising awareness and assuming responsibility. Master thesis, TU Vienna, Austria, 06/2015.

OECD (2008) Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD). Handbook on Constructing Composite Indicators- Methodology and user guide. Stand: 2008, ISBN 978-9264043459.

Petermann, T.; Bradke, H.; Lüllmann, A.; Poetzsch, M.; Riehm, U. (2011) What happens during a blackout: Consequences of a prolonged and wide-ranging power outage, final report. Hrsg. Office of Technology Assessment at the German Bundestag: Berlin, 2011.

Riggs, H.; Tufail, S.; Parvez, I.; Tariq, M.; Khan, M.A.; Amir, A.; Vuda, K.V.; Sarwat, A.I. (2023) Impact, vulnerabilities, and mitigation strategies for cyber-secure critical infrastructure. Sensors 2023, 23(8), 4060. doi:10.3390/s23084060.

SMEKUL (2024) Sächsischen Staatsministeriums für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL). 2. Begleiterlass der Landesdirektion Sachsen zur Fortschreibung der Grundsatzkonzeption Not- und Krisensituationen Erlass des Sächsischen Staatsministeriums für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft vom 11. Juni 2024, Gz.: 43-8617/15/2

SOWAG (2022) Störfalldokumentation der Trinkwasserversorgung durch die SOWAG der Jahre 2009-2018. Zittau: Hrsg. SOWAG mbH.

Todini, E. (2000) Looped water distribution networks design using a resilience index based heuristic approach, Urban Water 2000, 2(2), 115–122, ISSN 14620758. doi:10.1016/S1462-0758(00)00049-2.

Quellen

TrinkwV (2023) Trinkwasserverordnung vom 20. Juni 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 159, S. 2)

WHO (2013) 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.

WHO (2017) World Health Organization (WHO). Guidelines for drinking water quality: fourth edition incorporating the first addendum, 4th edition, incorporating the 1st addendum. Eds. WHO: Geneva, Switzerland, 2017, ISBN 978-9241549950.

Zusatz Gesetzesüberblick

Normalbetrieb – gute Grundlagen sowohl auf Bundes- und Landesebene

Verantwortlichkeiten, Schutzziele und Maßnahmen bei Beeinträchtigung oder Unterbrechung der Wasserversorgung zum Teil unzureichend geregelt

- WaSiG auf Bundesebene begrenzt auf den Verteidigungsfall – Forderung nach Erweiterung für andere Not- und Krisenfälle siehe auch vgl. Heumer et al (2022), Reinhardt (2020)
- Landeswasser- und Brand- und Katastrophenschutzgesetze – nur in 10 Bundesländern konkrete Regelungen - Vergleich siehe Heumer et al. (2022)

Auch auf Satzungsebene zum Teil gute Regelungen vorhanden

- Gefahrenabwehrverordnungen hessischer Städte

Zusatz Gesetzesüberblick

Land	Landeswassergesetze		Brand- und Katastrophenschutzgesetze	
Mecklenburg-Vorpommern	LWaG [37] § 7, §§ 16-18, § 31, §§ 43-46, §122, § 136	k.R.	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.

Quelle: Heumer et al. (2022)

Zusatz Gesetzesüberblick

Land	Landeswassergesetze		Brand- und Katastrophenschutzgesetze	
Nordrhein-Westfalen	LWG NW [39] §§ 35-42, § 84, § 98	§ 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

Quelle: Heumer et al. (2022)

Zusatz Gesetzesüberblick

Land	Landeswassergesetze		Brand- und Katastrophenschutzgesetze	
Sachsen	SächsWG [42] § 39, §§ 42-46, § 55, § 68, § 90- 91	§ 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.	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.

Quelle: Heumer et al. (2022)

Zusatz Beurteilung einer Gefährdung

Methodik – Anwendungsbeispiel Sturzflut



Quelle: SOWAG (2022)

- Störfalldokumentation (SOWAG, 2022)
- Beispielsammlung (LfULG, 2014)
- Gefährdungsabschätzung – Leitfaden Starkregen (BWK, 2013)
- Risikomanagement in der Überflutungsvorsorge DWA –M 103 (DWA, 2013)

Zusatz Beurteilung einer Gefährdung

Methodik – Anwendungsbeispiel Sturzflut

Gefahren		Quelle				Ursache			Verantwortl.			Betroffenheit					Relevanz	
Nr.	Gefahrenquelle	Leitfaden Teil 1 (BBK,2016)	Schutz Kritischer Infrastrukturen (BMI,2009)	DVGW W 1001-B1 (DVGW,2011)	Störfalldokumentation (SOWAG, 2022)	Intern	Extern	Exposition im VG	Wasserversorger	Land/ Kommune	Bund	Anlagen, Bauwerke	Verteilungsnetz	Personal	Region	Gefahrenausmaß	Eintrittswahrscheinlichkeit	Relevanz
N-4	Sturzflut		x				x	x				2	2	2	2	**2**	2	**4**

Quelle: Heumer et al. (2023a)

Zusatz heterogene Mengenansätze

Vergleich - Vorgaben der Ersatz- und Notwassermengen

Literaturquelle	Einheit	WHO (Reed et al., 2013)	Sphere (Broß et al., 2029)	Schweiz (SVGW, 2007)	Österreich (ÖVGW, 2017)	Deutschland (BBK, 2022)
Notwasserversorgung Mindestanforderung Bevölkerung	l/(E*d)	20	15	15	15	15
Ersatzwasserversorgung inkl. häuslicher Hygiene	l/(E*d)	70		100*	nach Wasser-bedarfsplan*	50*

In den oben aufgeführten Literaturquellen sind weitere Angabe zum Trinkwasserbedarf für das Gesundheitswesen und die Viehhaltung enthalten

* leitungsgebunden

Quelle: Heumer et al. (2023c)

Zusatz heterogene Mengenansätze

Reed, R.; Godfrey, S.; Kayaga, S.; Reed, B.; Rouse, J.; Fisher, J. (2013) Technical notes on drinking-water, sanitation and hygiene in emergencies. 2nd ed. Water, Engineering and Development Centre Loughborough University: Sept. 2013, ISBN 978-1843801528.

Bross, L.; Krause, S.; Wannewitz, M.; Stock, E.; Sandholz, S.; Wienand, I. (2019) Insecure security: Emergency water supply and minimum standards in countries with a high supply reliability. Water 2019, 11, 732. doi:10.3390/w11040732.

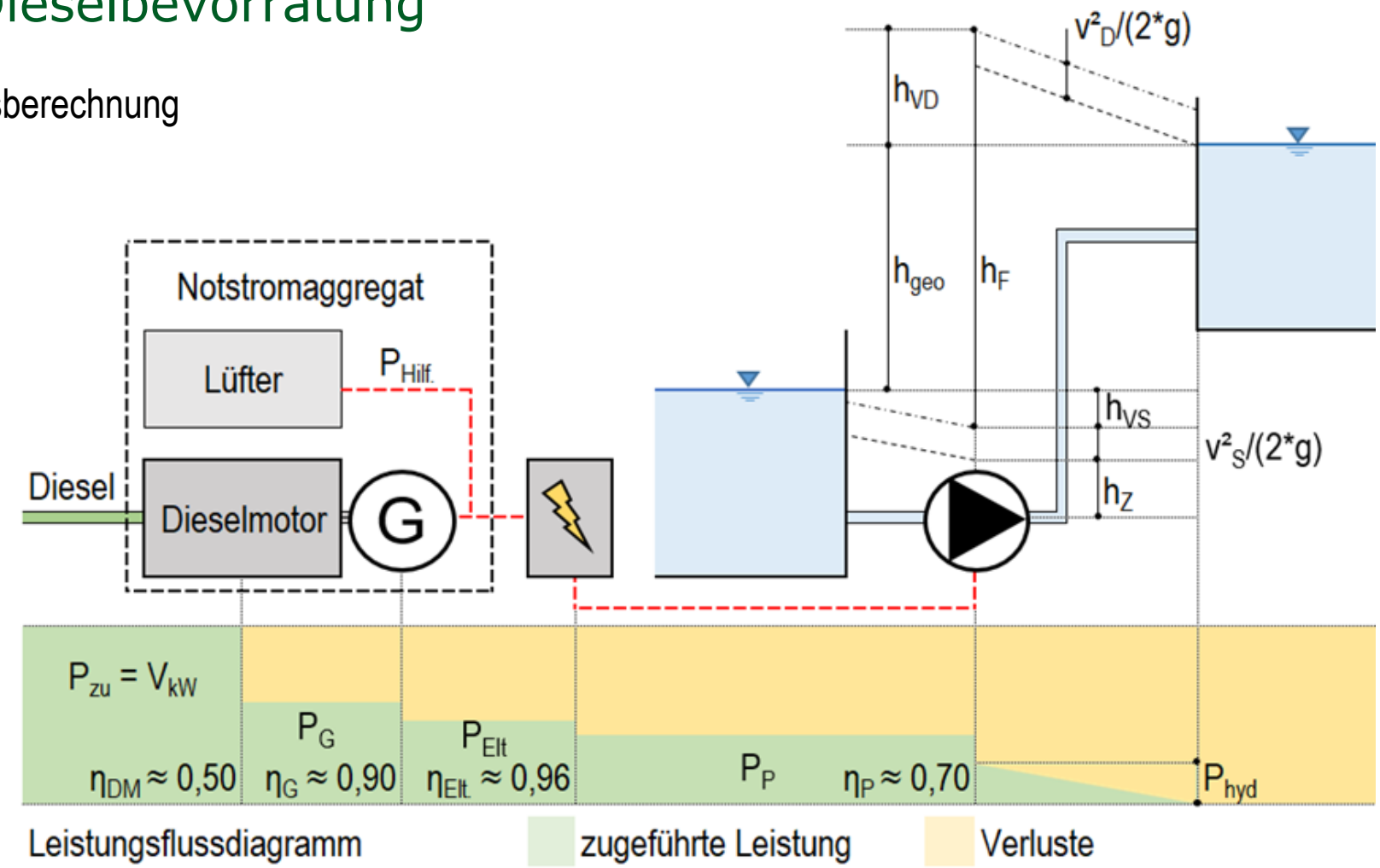
SVGW (2007) Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches - SVGW. Empfehlung W1012 d (vormals W/VN300 d) - Wegleitung für die Planung und Realisierung der Trinkwasserversorgung in Notlagen (TWN). Hrsg. SVGW: Zürich, Schweiz, 02/2007.

ÖVGW (2017) Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach – ÖVGW. Richtlinie W74 - Trinkwassernotversorgung - Erfolgreiches Krisenmanagement in der Wasserversorgung. Hrsg. ÖVGW: Wien, Österreich, 02/2017.

BBK (2022) Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe - BBK. Rahmenkonzept der Trinkwassernotversorgung, Neukonzeption zur Anpassung an veränderte Rahmenbedingungen in Anlehnung an die Konzeption zivile Verteidigung (2016). Hrsg. BBK: Bonn, 02/2022.

Zusatz Dieselbevorratung

Dieselbedarfsberechnung



Quelle: Heumer et al. (2024c)

Zusatz Dieselbevorratung

Dieselbedarfsberechnung

P_{Elt} bekannt

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

P_P bekannt

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

Berechnung über P_{hyd}

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

$$P_{Hyd} = Q * \rho_{Wasser} * h_F * g$$

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

Zusatz Dieselbevorratung

Dieselbedarfsberechnung

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

Annahmen V_{spez}= 233 g/kWh; ρ_{Diesel}= 0,835 kg/l; η_G= 0,90; η_{Elt} = 0,96; η_P= 0,7; P_{Hilf} = 0 kW, cos φ = 0,8

P_{Elt}	Elektrische Leistung [kW]	h_F	Energiehöhendifferenz [mWS]	η_G	Wirkungsgrad Generator [-]
P_G	Mechanische Leistung am Schwungrad [kW]	Q	Förderstrom [m³/h]	η_{Elt}	Wirkungsgrad Elektroanlage [-]
P_{Hilf}	Elektrische Leistung der Hilfsaggregate [kW]	V_{kW}	Dieselverbrauch des Notstromaggregats [l/h]	η_P	Wirkungsgrad Pumpe [-]
P_{Hyd}	hydraulische Leistung [kW]	V_{spez}	Spezifischer Treibstoffbedarf Notstromaggregat [g/kWh]	ρ_{Diesel}	Dichte Diesel [kg/l]
P_P	Leistung der Pumpe [kW]	g	Erdbeschleunigung [m/s²]	ρ_{Wasser}	Dichte Wasser [kg/m³]