

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades des
„Doctor of Public Health“
an der Fakultät für
Gesundheitswissenschaften der Universität Bielefeld

Zum Thema

Vulnerabilität der Kritischen Infrastruktur Wasserversorgung gegenüber Naturkatastrophen

**Auswirkungen des Augusthochwassers 2002 auf die Wasserversorgung und
das Infektionsgeschehen der Bevölkerung in Sachsen und Sachsen-Anhalt**

Vorgelegt von

Diplom-Geographin Angela Queste, MPH

Erstgutachter: Prof. Dr. Rainer Fehr, MPH, PhD

Fachbereichsleiter Prävention und Innovation im Landesinstitut für Gesundheit und Arbeit des Landes
Nordrhein-Westfalen, Mitglied der Arbeitsgruppe Umwelt und Gesundheit der Fakultät für
Gesundheitswissenschaften der Universität Bielefeld

Zweitgutachter: Prof. Dr. med. Oliver Razum, MSc

Leiter der Arbeitsgruppe Epidemiologie und International Public Health der Fakultät für
Gesundheitswissenschaften der Universität Bielefeld

Bonn, 22. November 2009

*„Water, water everywhere,
nor any drop to drink.“*

Samuel Taylor Coleridge,
“The Rime of the Ancient Mariner”, 1817

Danksagung

Die Idee zur Thematik der vorliegenden Studie entstand im Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe im damaligen „Zentrum Schutz Kritischer Infrastrukturen“. Meinem Arbeitgeber möchte ich daher für die Möglichkeit zur Teilnahme am Promotionsstudiengang Public Health und zur Durchführung dieser Studie danken. Ein besonderer Dank gilt hier, stellvertretend für viele andere, Herrn Dr. Wolfram Geier, Abteilungsleiter der Abteilung Notfallvorsorge und Schutz Kritischer Infrastrukturen, für wertvolle Diskussionen und Anregungen.

Eine sehr intensive Betreuung und Unterstützung zuteil werden ließ mir mein Doktorvater, Herr Prof. Dr. Rainer Fehr, Fachbereichsleiter Prävention und Innovation im Landesinstitut für Gesundheit und Arbeit des Landes Nordrhein-Westfalen und Mitglied der Arbeitsgruppe Umwelt und Gesundheit der Fakultät für Gesundheitswissenschaften der Universität Bielefeld. Ihm verdanke ich viele Ratschläge und die stetige Ermunterung zur Fertigstellung dieser Arbeit. Wichtige Hinweise und Anregungen bekam ich auch von meinem Zweitgutachter, Herrn Prof. Dr. Oliver Razum, Leiter der Arbeitsgruppe Epidemiologie und International Public Health der Fakultät für Gesundheitswissenschaften der Universität Bielefeld, für die ich ebenfalls sehr dankbar bin.

Einen wesentlichen Bestandteil der vorliegenden Studie bildete die Befragung der Gesundheitsämter Sachsens und Sachsen-Anhalts zur Hochwasserbetroffenheit der Wasserversorgung. Ich danke den Gesundheitsämtern für die Bereitschaft zur Teilnahme an der Befragung, die Zeit und Mühe sowie die vielen Informationen und wichtigen Hinweise. Der Landesuntersuchungsanstalt für das Gesundheits- und Veterinärwesen Sachsen danke ich für die Bereitstellung der Daten zu bakteriologischen Beanstandungen des Trinkwassers.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Albrecht Scheuermann, Verantwortlicher für Rettungsdienst und Katastrophenschutz im Arbeiter-Samariter-Bund Sachsen, der mir in wertvollen Diskussionen Einblicke gab in größere und kleinere Probleme der Katastrophenhilfe während des Flutereignisses in Sachsen und viele hilfreiche Hintergrundinformationen zur Verfügung stellte.

Für statistische Beratung und Unterstützung möchte ich mich insbesondere bedanken bei Frau Dr. Ursula Berger, Mitarbeiterin der Arbeitsgruppe Epidemiologie und International Public Health der Fakultät für Gesundheitswissenschaften der Universität Bielefeld, und Herrn Dirk Taeger, Mitarbeiter im Kompetenzzentrum Epidemiologie des BGFA-Forschungsinstitutes für Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, der in einer früheren Tä-

tigkeit das Projekt des Landesinstitutes für den öffentlichen Gesundheitsdienst Nordrhein-Westfalen zur Einführung eines Surveillance-Systems zur Überwachung meldepflichtiger Infektionskrankheiten in NRW begleitete und mir Hilfestellung für die Anwendung der statistischen Verfahren gab.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinen Korrekturlesern und -leserinnen Thomas Claßen, Christina Frank, Marle Kopf und Angela Neumeyer-Gromen, die konstruktiv Kritik übten und mir viele wertvolle Hinweise aufgrund ihrer Erfahrungen aus ihren jeweiligen Arbeitsbereichen geben konnten.

Unendlich dankbar bin ich meiner Familie, die den langen Weg gemeinsam mit mir durchgehalten hat und mich stets emotional unterstützte.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	iii
Tabellenverzeichnis	viii
Abbildungsverzeichnis	ix
Kartenverzeichnis	x
Formelverzeichnis	x
Berichtsverzeichnis	xi
Abkürzungsverzeichnis	xii
Zusammenfassung	xiv
Summary	xvii
1 Einleitung	1
1.1 <i>Public Health-Relevanz des Themas</i>	3
1.2 <i>Vorschau auf die Arbeit</i>	5
2 Wissenschaftlicher Kontext und Forschungsstand	6
2.1 <i>Kritische Infrastrukturen</i>	6
2.1.1 Gefahren	7
2.1.2 Vulnerabilität	8
2.1.3 Schutzvorkehrungen	9
2.2 <i>Die Wasserversorgung in Deutschland</i>	10
2.2.1 Strukturelle und gesetzliche Grundlagen	11
2.2.2 Die Wasserversorgung als Kritische Infrastruktur	17
2.2.3 Trinkwasserkontaminationen	19
2.2.4 Parameter zur Überwachung der Trinkwasserqualität	21
2.2.5 Trinkwasserdesinfektion	23
2.3 <i>Wasserbürtige und hygieneabhängige Infektionskrankheiten</i>	24
2.3.1 Erreger	27
2.3.2 Übertragungswege	28
2.3.3 Pathogenese	30
2.3.4 Klinik und Prävention	32
2.3.5 Nachweise	33
2.3.6 Epidemiologie	37
2.4 <i>Infektionskrankheiten-Surveillance</i>	39
2.4.1 Surveillance	39
2.4.2 Erhebung meldepflichtiger Infektionskrankheiten nach Infektionsschutzgesetz (IfSG)	40
2.4.3 Analyse von Surveillance-Daten	41
2.4.4 Surveillance wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten	42
2.5 <i>Klimawandel und Naturkatastrophen</i>	44
2.5.1 Klimawandel	45
2.5.2 Naturkatastrophen	46
2.5.3 Gesundheitsauswirkungen von Hochwasserkatastrophen	48
2.5.4 Maßnahmen zur Gesundheitsversorgung bei Katastrophen	50
2.5.5 Maßnahmen zur Katastrophenvorsorge	51
2.5.6 Beispiel-Naturkatastrophen	53

2.6	<i>Literatur-Review zum Zusammenhang zwischen Katastrophen, der Wasserversorgung und Infektionskrankheiten</i>	55
2.6.1	Literaturrecherche	56
2.6.2	Reviews	58
2.6.3	Studien	62
2.6.4	Synopse der Reviews und Studien	66
2.7	<i>Die Naturkatastrophe „Augusthochwasser 2002“</i>	67
2.7.1	Ursachen und Folgen	68
2.7.2	Infrastrukturschäden	71
2.7.3	Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung	76
2.8	<i>Resümee</i>	80
3	Fragestellungen und Hypothese	81
4	Material und Methoden	85
4.1	<i>Studiendesign</i>	85
4.1.1	Untersuchungsraum	87
4.1.2	Untersuchungszeit	88
4.2	<i>Datenmaterial und Erhebungsmethoden</i>	91
4.2.1	Befragung der Gesundheitsämter zur Hochwasserbetroffenheit der Wasserversorgung	91
4.2.2	Bakteriologische Beanstandungen des Trinkwassers	92
4.2.3	Fallzahlen wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten	93
4.3	<i>Methodisches Vorgehen</i>	94
4.3.1	Berechnung der Ratios bakteriologischer Beanstandungen des Trinkwassers	94
4.3.2	Charakterisierung der Kreise nach der Hochwasserbetroffenheit der Wasserversorgung	96
4.3.3	Verfahren zur Untersuchung des Infektionsgeschehens	97
4.4	<i>Verwendete Software</i>	106
5	Ergebnisse	107
5.1	<i>Hochwasserbetroffenheit der Wasserversorgung in Sachsen und Sachsen-Anhalt</i>	107
5.1.1	Befragungsergebnisse	107
5.1.2	Ratios bakteriologischer Trinkwasserbeanstandungen	116
5.1.3	Einteilung der Kreise nach der Hochwasserbetroffenheit der Wasserversorgung	121
5.2	<i>Infektionskrankheiten während des Augusthochwassers</i>	129
5.2.1	Übersicht über gemeldete Fälle	129
5.2.2	Verteilung der Fallzahlen anhand von Perzentilen	139
5.2.3	Z-Werte der Fallzahlen	145
5.2.4	Standardisierte Morbiditätsratios (SMR)	151
5.2.5	Zusammenfassung zum Infektionsgeschehen	155
5.2.6	Vergleich der Verfahren	163
6	Diskussion	167
6.1	<i>Auswirkungen des Augusthochwassers auf die Wasserversorgung</i>	167
6.1.1	Diskussion zu den Wasserversorgungsproblemen	167
6.1.2	Beantwortung der ersten Fragestellung zu Wasserversorgungsproblemen	169
6.2	<i>Das Infektionsgeschehen während des Augusthochwassers</i>	169
6.2.1	Diskussion zum Infektionsgeschehen	171
6.2.2	Beantwortung der zweiten Fragestellung und der Hypothese zum Infektionsgeschehen	182
6.3	<i>Einordnung der Studie in den Forschungsstand</i>	184
6.3.1	Einordnung der Ergebnisse zu Wasserversorgungsproblemen	184
6.3.2	Einordnung der Ergebnisse zum Infektionsgeschehen	186
6.4	<i>Methodendiskussion</i>	189
6.4.1	Methodendiskussion zur Untersuchung der Wasserversorgungsprobleme	189
6.4.2	Methodendiskussion zur Untersuchung des Infektionsgeschehens	190

6.5	<i>Limitationen der Studie</i>	192
6.5.1	Selektions- und Informationsfehler	193
6.5.2	Confounding	197
6.5.3	Andere Übertragungswege als Trinkwasser	199
7	Folgerungen und Ausblick	201
7.1	<i>Praktische Relevanz der Ergebnisse und Ableitung von Empfehlungen</i>	202
7.1.1	Folgerungen für die Kritische Infrastruktur Wasserversorgung aus Bevölkerungsschutzsicht	202
7.1.2	Folgerungen für die Kritische Infrastruktur Wasserversorgung aus Gesundheitsschutzsicht	205
7.1.3	Folgerungen für den Public Health-Bereich	206
7.1.4	Erhöhter Personalbedarf	209
7.1.5	Stärkere Vernetzung der Akteure	210
7.2	<i>Weiterer Forschungsbedarf</i>	211
8	Fazit	214
9	Literatur	216
10	Glossar	246
	Anhang	255

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Charakteristika der Wasserversorgung in ausgewählten europäischen Ländern.....	11
Tabelle 2: Anzahl an Wasserversorgungsunternehmen und Wassergewinnungsanlagen in Deutschland im Jahr 2004.....	12
Tabelle 3: Trinkwassergewinnung in Deutschland im Jahr 2004.....	14
Tabelle 4: Einteilung der wasserbezogenen Infektionen.....	25
Tabelle 5: Ökologische Charakteristika wasserbürtiger Krankheitserreger.....	28
Tabelle 6: Klinische Charakteristika wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten.	32
Tabelle 7: Nachweise wasserbürtiger Ausbrüche von Infektionskrankheiten.....	34
Tabelle 8: Epidemiologische Charakteristika wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten in Deutschland.....	38
Tabelle 9: Bedeutende Naturkatastrophen in Deutschland und in vergleichbaren Ländern zwischen 1997 und 2009.....	54
Tabelle 10: Suchkriterien für die Literatursauswahl der Reviews und Studien.....	57
Tabelle 11: Anzahl an Treffern einer Beispielabfrage in ausgewählten Datenbanken und Suchmaschinen.....	57
Tabelle 12: Literatur-Reviews zum Zusammenhang zwischen Hochwasser, Wasserversorgung und Gesundheit.....	59
Tabelle 13: Studien zum Zusammenhang zwischen Hochwasser, Wasserversorgung und Infektionskrankheiten.....	64
Tabelle 14: Zusammenfassung der Ergebnisse der Literatur-Reviews.....	66
Tabelle 15: Zusammenfassung der Studienergebnisse.....	67
Tabelle 16: Katastrophenalarm während des Augusthochwassers 2002 in Sachsen und Sachsen-Anhalt.....	70
Tabelle 17: Szenarien hochwasserbedingter Störungen der Wasserversorgung und mögliche Auswirkungen auf das Infektionsgeschehen in der exponierten Bevölkerung.....	83
Tabelle 18: Kalenderwochen im Untersuchungszeitraum.....	90
Tabelle 19: Berechnung der Erwartungswerte (X_0) im Vorflut-, Flut- und Nachflutzeitraum 2002 anhand der in den Referenzzeiträumen gemeldeten Fallzahlen (X_1 - X_{12}).....	100
Tabelle 20: Hochwasserbedingte Wasserversorgungsprobleme eines Landkreises im Jahr 2002.....	108
Tabelle 21: Einschränkungen der Wasserversorgung während des Augusthochwassers 2002.....	111
Tabelle 22: Ausfälle der Wasserversorgung während des Augusthochwassers 2002.....	112
Tabelle 23: Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität während des Augusthochwassers 2002.....	113
Tabelle 24: Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen während des Augusthochwassers 2002.....	114
Tabelle 25: Ratios bakteriologischer Beanstandungen: Verhältnis zwischen der Quote an Beanstandungen im Jahr 2002 (Kalenderwochen 33-44) und der Quote in den Referenzjahren.....	117
Tabelle 26: Kreise der Klasse 1 mit stark hochwasserbetroffener Wasserversorgung.....	126
Tabelle 27: Kreise der Klasse 2 mit mäßig hochwasserbetroffener Wasserversorgung.....	127
Tabelle 28: Anzahl gemeldeter Fälle potentiell wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten zwischen den Kalenderwochen 29 und 40 der Jahre 2001 bis 2005 in Sachsen und Sachsen-Anhalt nach Bundesland und Krankheit.....	130
Tabelle 29: Fallzahlen im Jahr 2002 und Perzentile der Referenzzeiträume der durch Bakterien übertragenen potentiell wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Infektionskrankheiten nach Krankheit, Kreis und Zeitraum.....	140

Tabelle 30: Fallzahlen im Jahr 2002 und Perzentile der Referenzzeiträume der durch Parasiten und Viren übertragenen potentiell wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Infektionskrankheiten nach Krankheit, Kreis und Zeitraum.....	141
Tabelle 31: Ergebnisse der χ^2 -Tests der Fallzahlen der durch Bakterien übertragenen potentiell wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Erkrankungen nach Krankheit und Kreis	146
Tabelle 32: Ergebnisse der χ^2 -Tests der Fallzahlen der durch Parasiten und Viren übertragenen potentiell wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Erkrankungen nach Krankheit und Kreis	147
Tabelle 33: Z-Werte potentiell wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten nach Krankheit, Kreis und Zeitraum	149
Tabelle 34: SMR der durch Bakterien übertragenen potentiell wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Infektionskrankheiten nach Krankheit, Kreis und Zeitraum.....	152
Tabelle 35: SMR der durch Parasiten und Viren übertragenen potentiell wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Infektionskrankheiten nach Krankheit, Kreis und Zeitraum.....	152
Tabelle 36: Übersicht über das Campylobacteriose-Infektionsgeschehen	156
Tabelle 37: Übersicht über das <i>E. coli</i> -Enteritis-Infektionsgeschehen.....	157
Tabelle 38: Übersicht über das Giardiasis-Infektionsgeschehen.....	158
Tabelle 39: Übersicht über das Kryptosporidiose-Infektionsgeschehen	158
Tabelle 40: Übersicht über das Norovirus-Infektionsgeschehen.....	159
Tabelle 41: Übersicht über das Rotavirus-Infektionsgeschehen	160
Tabelle 42: Übersicht über das Salmonellose-Infektionsgeschehen	161
Tabelle 43: Übersicht über das Yersiniose-Infektionsgeschehen.....	162
Tabelle 44: Zusammenfassung aller Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen nach Kreis, Krankheit und Zeitraum.....	164

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Interdependenzen Kritischer Infrastrukturen.....	6
Abbildung 2: Vulnerabilität der Kritischen Infrastruktur Wasserversorgung gegenüber Hochwasser .	18
Abbildung 3: Übertragungswege für Krankheitserreger während eines Hochwasserereignisses	30
Abbildung 4: Themenkomplexe der Gesundheitsämterbefragung	92
Abbildung 5: Variabilität gemeldeter Fallzahlen über die Zeit.....	103
Abbildung 6: Ratios bakteriologischer Beanstandungen des Trinkwassers in der kreisfreien Stadt Zwickau.....	118
Abbildung 7: Ratios bakteriologischer Beanstandungen des Trinkwassers im Landkreis Delitzsch..	119
Abbildung 8: Ratios bakteriologischer Beanstandungen des Trinkwassers im Landkreis Döbeln	119
Abbildung 9: Ratios bakteriologischer Beanstandungen des Trinkwassers im Landkreis Freiberg ...	120
Abbildung 10: Ratios bakteriologischer Beanstandungen des Trinkwassers im Landkreis Muldentalkreis	120
Abbildung 11: Kriterien zur Klassifizierung der Kreise	123
Abbildung 12: Entscheidungsbaum zur Klassifizierung der Kreise.....	124
Abbildung 13: Campylobacteriosen pro Kalenderwoche im Landkreis Bitterfeld ^[H] nach Jahren.....	131
Abbildung 14: Campylobacteriosen pro Kalenderwoche im Landkreis Wittenberg ^[H] nach Jahren ...	131
Abbildung 15: <i>E. coli</i> -Enteritiden pro Kalenderwoche im Landkreis Delitzsch ^[H] nach Jahren	132

Abbildung 16: Giardiasen pro Kalenderwoche im Landkreis Wittenberg ^[H] nach Jahren.....	133
Abbildung 17: Kryptosporidiosen pro Kalenderwoche im Landkreis Delitzsch ^[H] nach Jahren	133
Abbildung 18: Norovirus-Erkrankungen pro Kalenderwoche im Landkreis Freiberg ^[H] nach Jahren	134
Abbildung 19: Norovirus-Erkrankungen pro Kalenderwoche im Landkreis Muldentalkreis ^[H] nach Jahren	134
Abbildung 20: Rotavirus-Erkrankungen pro Kalenderwoche im Landkreis Löbau-Zittau ^[R] nach Jahren	135
Abbildung 21: Rotavirus-Erkrankungen pro Kalenderwoche im Landkreis Bitterfeld ^[H] nach Jahren	136
Abbildung 22: Salmonellosen pro Kalenderwoche im Landkreis Wittenberg ^[H] nach Jahren	137
Abbildung 23: Salmonellosen pro Kalenderwoche im Landkreis Bitterfeld ^[H] nach Jahren	137
Abbildung 24: Yersiniosen pro Kalenderwoche im Landkreis Delitzsch ^[H] nach Jahren.....	138
Abbildung 25: Yersiniosen pro Kalenderwoche im Landkreis Muldentalkreis ^[H] nach Jahren.....	138
Abbildung 26: Perzentile der Norovirus-Erkrankungen nach Landkreis und Zeitraum.....	142
Abbildung 27: Perzentile der Rotavirus-Erkrankungen nach Landkreis und Zeitraum	144
Abbildung 28: Perzentile der Salmonellosen nach Landkreis und Zeitraum	145
Abbildung 29: Häufigkeitsverteilung der <i>E. coli</i> -Enteritiden im Landkreis Saalkreis ^[R]	148
Abbildung 30: Häufigkeitsverteilung der Yersiniosen im Landkreis Muldentalkreis ^[H]	148
Abbildung 31: Z-Werte der Salmonellosen nach Kreis und Zeitraum	150
Abbildung 32: Z-Werte der Yersiniosen nach Landkreis und Zeitraum	150
Abbildung 33: SMR der Norovirus-Erkrankungen im Flut- und Nachflutzeitraum nach Kreis und Zeitraum.....	151
Abbildung 34: SMR der Rotavirus-Erkrankungen im Flut- und Nachflutzeitraum nach Kreis und Zeitraum.....	153
Abbildung 35: SMR der Salmonellosen im Flut- und Nachflutzeitraum nach Kreis und Zeitraum ...	154

Kartenverzeichnis

Karte 1: Kreise Sachsens und Sachsen-Anhalts mit hochwasserbetroffener Wasserversorgung.....	110
Karte 2: Grad der Hochwasserbetroffenheit der Wasserversorgung in den Kreisen Sachsens und Sachsen-Anhalts.....	125

Formelverzeichnis

Formel 1: Beanstandungsquote im Jahr 2002	95
Formel 2: Beanstandungsquote in einem einzelnen Referenzjahr.....	95
Formel 3: Beanstandungsquote in allen Referenzjahren zusammen	95
Formel 4: Beanstandungsratio zwischen den Beanstandungsquoten 2002 und denen in einem einzelnen Referenzjahr	96
Formel 5: Beanstandungsratio zwischen den Beanstandungsquoten 2002 und denen in allen Referenzjahren	96

Berichtsverzeichnis

Bericht 1: Auswirkungen der Überschwemmungen in Großbritannien 2007 auf die Wasserversorgung	55
Bericht 2: Auswirkungen des Wirbelsturms Katrina 2005 auf die Wasserversorgung	55
Bericht 3: Auswirkungen des Hochwassers 2002 auf die Wasserversorgung Sachsens und Sachsen-Anhalts	73
Bericht 4: Auswirkungen des Hochwassers 2002 auf die Wasserversorgung in Österreich	74
Bericht 5: Hintergrundinformationen aus den Gesundheitsämtern Sachsens und Sachsen-Anhalts...	115
Bericht 6: Charakteristika der Hochwasserkreise.....	126

Abkürzungsverzeichnis

BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BMI	Bundesministerium des Innern
BMLFUW	Österreichisches Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
CDC	Centers for Disease Control and Prevention, USA
DGK	Deutsches Grünes Kreuz
DIN	Deutsche Industrie-Norm
DKKV	Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge
DVGW	Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EHEC	Enterohämorrhagische <i>E. coli</i>
Einw.	Einwohner
ELISA	Enzyme Linked Immunosorbent Assay
EMSR	Energie-, Mess-, Steuer- und Regeltechnik
GIS	Geographisches Informationssystem
[H]	Hochwasserkreis
HUS	Enteropathisches hämolytisch-urämisches Syndrom
IfSG	Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz)
IGKB	Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee
IPCC	Internationaler Wissenschaftsrat zum Klimawandel (Intergovernmental Panel on Climate Change)
IRR	Inzidenzraten-Ratio (Incidence Rate Ratio)
k. A.	Keine Angabe
KBE	Koloniebildende Einheiten
KI	Konfidenzintervall
LfUG	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie
LK	Landkreis
LUA Sachsen	Landesuntersuchungsanstalt für das Gesundheits- und Veterinärwesen Sachsen
NRW	Nordrhein-Westfalen
OR	(Chancenverhältnis) Odds Ratio
[R]	Referenzkreis
RKI	Robert Koch-Institut
RR	Relatives Risiko
SK	Stadtkreis bzw. kreisfreie Stadt
SMR	Standardisiertes Morbiditätsratio
SMUL	Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft
THM	Trihalogenmethan
THW	Bundesanstalt Technisches Hilfswerk
TrinkwV	Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung)

UBA	Umweltbundesamt
UN/ISDR	Internationale Strategie zur Katastrophenvorsorge der Vereinten Nationen (International Strategy for Disaster Reduction)
WasSiG	Gesetz über die Sicherstellung von Leistungen auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft für Zwecke der Verteidigung (Wassersicherungsgesetz)
WEA	Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kanton Bern
WHG	Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz)
WHO	Weltgesundheitsorganisation (World Health Organization)
ZSKG	Gesetz über den Zivilschutz und die Katastrophenhilfe des Bundes (Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz)

Zusammenfassung

Einleitung

Die vorliegende Studie zur Vulnerabilität der Kritischen Infrastruktur Wasserversorgung gegenüber Naturkatastrophen stellt eine Verbindung her zwischen der Betroffenheit der Wasserversorgung während des Augusthochwassers 2002 in ausgewählten Kreisen Sachsens und Sachsen-Anhalts und dem Infektionsgeschehen wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Krankheiten. Die Studie hatte das Ziel, aus den Untersuchungsergebnissen Rückschlüsse für trinkwasserbezogene Public Health-Maßnahmen während zukünftiger Katastrophenereignisse und für notwendige Schutzvorkehrungen in Wasserversorgungseinrichtungen abzuleiten. Kernfrage war, ob in den Kreisen mit stark hochwasserbetroffener Wasserversorgung eine signifikante Erhöhung potentiell wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten auftrat.

Methoden

Zur Bearbeitung der Thematik wurden Gesundheitsämter zur Betroffenheit der öffentlichen Wasserversorgung während des Hochwasserereignisses befragt, Ratios bakteriologischer Beanstandungen des Trinkwassers berechnet und Kreise nach dem Grad ihrer Hochwasserbetroffenheit charakterisiert. Das Infektionsgeschehen wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten wurde auf der Grundlage wöchentlicher Fallmeldungen auf Kreisebene mit Verfahren der Infektionskrankheiten-Surveillance wie Perzentil-Berechnung, Z-Transformation und Standardisierten Morbiditätsratios analysiert. Der Untersuchungszeitraum im Jahr 2002 umfasste drei flutbezogene Zeiträume (Vorflut, Flut, Nachflut), denen jeweils entsprechende Referenzzeiträume in den Jahren 2001 und 2003 bis 2005 gegenübergestellt wurden.

Ergebnisse

Die Wasserversorgung war in insgesamt 18 der 53 Kreise Sachsens und Sachsen-Anhalts vom Hochwasser betroffen. Von diesen 18 Kreisen lagen in 66% Versorgungseinschränkungen vor, in 56% Ausfälle der Versorgung und in 50% Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität. In 77% der sächsischen Kreise mit Hochwasser, für die Angaben zu bakteriologischen Beanstandungen des Trinkwassers zur Verfügung standen (für Sachsen-Anhalt lagen keine Angaben vor), gab es ungewöhnlich hohe Ratios bakteriologischer Beanstandungen der Parameter

„*E. coli*“ und „Koloniezahl bei 37°C“, die auf Fäkaleinträge aus überfluteten Abwasseranlagen oder Weideflächen in die Rohwasserressource hindeuteten.

Mithilfe dieser Informationen sowie unter Verwendung von Literaturhinweisen zum Augusthochwasser 2002 konnten fünf Hochwasserkreise mit stark betroffener öffentlicher Wasserversorgung und als Vergleichskontrolle vier Referenzkreise ohne Hochwassereinfluss identifiziert werden. Für diese neun Kreise wurde das Infektionsgeschehen untersucht. Ergebnis war, dass fünf größere signifikante Fallhäufungen wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten im Flut- bzw. Nachflutzeitraum im Jahr 2002 in den fünf Hochwasserkreisen (6,3% der maximal möglichen Häufungen entsprechend), aber nur eine größere Fallhäufung in einem der vier Referenzkreise im Nachflutzeitraum auftraten (1,6%).

Mit den Methoden der Infektionskrankheiten-Surveillance konnten zudem 15 kleinere Fallhäufungen als signifikant deklariert werden, von denen sieben (8,8%) in den Hochwasser- und acht (12,5%) in den Referenzkreisen auftraten. Diese unterschieden sich jedoch für einzelne Krankheiten nicht bedeutsam zwischen den Hochwasser- und Referenzkreisen bezogen auf Fallzahlen und Anzahl an Häufungen.

Diskussion

Die Ergebnisse zeigten zum einen die hohe Vulnerabilität der Wasserversorgung gegenüber dem Augusthochwasser 2002 auf, und ließen den Schluss zu, dass die Infrastrukturen der Wasserversorgung in Abhängigkeit von der Art des Hochwassers (Sturzfluten oder Überschwemmungen) auf unterschiedliche Weise beeinträchtigt waren.

Zum anderen wurden signifikante größere Fallhäufungen wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten insbesondere in den Hochwasserkreisen identifiziert. Die betroffenen Gesundheitsämter berichteten bzw. einschlägige Literaturhinweise deuteten darauf hin, dass mehrere dieser Cluster in Schulen und Altenheimen auftraten bzw. mit der Gemeinschaftsverpflegung in Schulen und Kindergärten zusammenhingen. Ein Zusammenhang mit Trinkwasserkontaminationen als auslösender Faktor konnte nicht geklärt werden. Insgesamt konnten deutliche Einflüsse des Hochwassers auf die Quantität und Qualität der Kritischen Infrastruktur Wasserversorgung festgestellt werden, aber dadurch verursachte Gesundheitsauswirkungen in der Bevölkerung waren nicht eindeutig zu bestätigen.

Systematische Fehler konnten zum Teil berücksichtigt bzw. kontrolliert werden. Hierzu gehörten z.B. die Berücksichtigung der Saisonalität des Krankheitsgeschehens und die Abschätzung von Faktoren wie Underreporting oder Case-finding. Da Daten der amtlichen Statistik

zur Datenanalyse verwendet wurden, könnten jedoch auch andere Übertragungswege als die untersuchten (Trinkwasser bzw. der direkte Kontakt aufgrund reduzierter Hygienemöglichkeiten nach Wasserversorgungsausfällen) zum Auftreten der Erkrankungen geführt haben.

Schlussfolgerungen

Für die Wasserversorgung ableitbar sind insbesondere Anpassungen an den Klimawandel durch eine verstärkte Vorbereitung auf meteorologische Extremereignisse wie Starkniederschlagsereignisse und Hochwasser, die Umsetzung von Schutzkonzepten auch in kleineren Versorgungsunternehmen, Konzepte zur Trinkwassernotversorgung insbesondere für vulnerable Bevölkerungsgruppen sowie Anpassungen des Indikatorprinzips und der Art und Häufigkeit von Probenahmen an Katastrophensituationen.

Für die Surveillance von Infektionskrankheiten sind Konzepte notwendig, wie diese während katastrophaler Ereignisse intensiviert werden kann. Hierzu gehören auch der Austausch benachbarter Gesundheitsämter über das Infektionsgeschehen, die Vermeidung von Personalengpässen in Katastrophensituationen sowie die Vernetzung von Akteuren der Wasser- und Gesundheitsversorgung und des Katastrophenschutzes bereits im Vorfeld einer Katastrophe.

Summary

Introduction

The study about the vulnerability of the critical infrastructure “public water supply” links the impact of the Elbe flood 2002 on the public water supply in selected counties of the federal states Saxony and Saxony-Anhalt with the occurrence of water-borne and water-washed infectious disease cases. The aim was to draw conclusions for drinking water-related public health measures for future disasters and for necessary protection measures in drinking water supply infrastructures. The research question was whether a significant increase in potentially water-borne and water-washed diseases could be found in those counties where the drinking water supply infrastructure was significantly affected by the flood.

Methodology

Local health authorities were asked about limitations in the public water supply during the flood event. Ratios of bacteriological contamination of the drinking water were calculated, and counties were characterized according to their affectedness. Surveillance methods such as percentiles, z-transformation and standardized morbidity ratios were applied to investigate the weekly occurrence of water-borne and water-washed diseases by county. The investigation period included three flood-related periods (before, during, after the flood) that were compared to the respective periods in reference years (2001, 2003-2005).

Results

The public water supply was affected in 18 out of 53 counties in Saxony and Saxony-Anhalt. Out of these 18 counties, 66% reported limitations in water supply services, in 56% the supply broke down, and in 50% the drinking water quality was compromised. In 77% of the flooded Saxonian counties with information available on bacteriological contamination, high ratios were found for *E. coli* and the coliform bacteria counts at 37°C, indicating faecal contamination of the raw water source due to flooded sewage plants or pasture land.

Based on those information and by using further references, five “flood counties” were identified where the public water supply was strongly affected by the flood. As “reference counties“, four counties without any flooding were selected. For those nine counties the occurrence of infectious diseases during the investigation periods was analysed. The study identified five major significant clusters of water-borne and water-washed disease cases during and after the

flood in those five counties which were affected by the flood (6.3% of the theoretical possible clusters). One major cluster of cases was found in the four reference counties in the after-flood period (1.6%). The application of surveillance methods also allowed the identification of 15 smaller significant case clusters out of which seven occurred in flood counties (8.8%) and eight occurred in reference counties (12.5%). For these smaller clusters, there was no noticeable difference between flood and reference counties concerning the number of cases and the number of clusters.

Discussion

The results showed a high vulnerability of the public drinking water supply infrastructure towards the Elbe flood 2002, with type of damage depending on the kind of floods (flash floods or inundations).

Though there were significant increases in water-borne and water-washed disease case clusters in the flooded counties, the responsible local health authorities reported and specific references showed that some of the clusters were related to outbreaks in schools and nursing homes or linked to canteen food in schools and kindergartens. It remains unclear whether contaminated drinking water was a causal factor. All in all, the flood had major influences on the quantity and quality of the critical infrastructure “public water supply“, but caused no clearly-confirmed water-related large-scale health effects in the exposed population.

The study controlled for many systematic errors like seasonality of the diseases, and factors like underreporting or case-finding. Given that there was routine surveillance data used for statistical investigation, it cannot be excluded that other transmission routes than drinking water and reduced hygiene because of water shortage could have caused the infections reported.

Conclusions

There is a need for further adaptation of public drinking water supply infrastructure to compensate the expected, climate-change related increase in meteorological extreme events such as extreme precipitation or floods. The implementation of protection measures is necessary also in smaller water distribution companies, and concepts for drinking water emergency supply need to be developed especially for vulnerable sub-groups. Finally, the indicator principle and the type and frequency of bacteriological measurements in drinking water need to be modified during disaster events.

Also, concepts are necessary for the adaptation of surveillance systems to disaster events. This includes regular exchange between neighbouring health authorities about the occurrence of infectious diseases, the avoidance of staff shortages in disaster situations as well as an intensive and preventive networking between water, health and disaster authorities in pre-disaster times.

*„Die Natur kennt keine Katastrophen;
Katastrophen kennt allein der Mensch,
sofern er sie überlebt.“*

Max Frisch,
Der Mensch erscheint im Holozän, 1979

1 Einleitung

Der anthropogen verursachte Klimawandel wird definiert als eine „Änderung des Klimas, die unmittelbar oder mittelbar auf menschliche Tätigkeiten zurückzuführen ist, welche die Zusammensetzung der Erdatmosphäre verändern, und die zu den über vergleichbare Zeiträume beobachteten natürlichen Klimaschwankungen hinzukommt“ (Art. 1 Klimarahmenkonvention (United Nations Framework Convention on Climate Change), United Nations 1992). Durch Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserkreislauf wird eine Änderung der Intensität und Häufigkeit von Extremwetterereignissen verursacht. Für die Region Europa ist zukünftig mit häufigeren Überschwemmungen in den Küstenregionen und einem erhöhten Hochwasserrisiko für Flüsse zu rechnen (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2007).

Hochwasserereignisse katastrophalen Ausmaßes, das heißt Ereignisse, die die „Funktionsfähigkeit einer Gesellschaft oder gesellschaftlichen Gruppe unterbrechen, hohe menschliche, materielle, ökonomische oder ökologische Verluste verursachen und die Fähigkeit der betroffenen sozialen Einheit zur Bewältigung des Ereignisses aus eigener Kraft übersteigen“¹ (United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR) 2004), können Auswirkungen auf die Bevölkerung selbst haben, aber auch auf Infrastruktureinrichtungen, Gebäude und die Umwelt. Während in Entwicklungsländern aufgrund eines Hochwassers häufig eine Vielzahl an Todesfällen, Verletzungen und Infektionserkrankungen zu beklagen ist, treten in Industrieländern Infrastrukturen in den Vordergrund und es kommt selten zu Todesfällen und direkten Auswirkungen auf die Gesundheit.

Zu den für den Public Health-Bereich wichtigsten Kritischen Infrastrukturen, das heißt den „Organisationen und Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebli-

¹ “A serious disruption of the functioning of a community or a society causing widespread human, material, economic or environmental losses which exceed the ability of the affected community or society to cope using its own resources.”

che Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden“ (Bundesministerium des Innern (BMI) 2005, S. 6), gehören die Wasser-, Gesundheits-, Lebensmittel- und Stromversorgung sowie die Abwasserentsorgung.²

Das Funktionieren der öffentlichen Wasserversorgung³ kann beispielsweise durch hochwasserbedingte Schäden an Anlagen und dem Versorgungsnetz, die zu Ausfällen und Einschränkungen der Versorgung führen können, gestört sein. Zudem kann die Trinkwasserqualität durch bakteriologische oder chemische Kontaminationen der Rohwasserressource oder durch Einträge pathogener Agenzien in das Leitungsnetz beeinflusst werden.

Liegen hochwasserbedingte quantitative oder qualitative Beeinträchtigungen der Wasserversorgung vor, kann dies zu einem zeitlich und räumlich gehäuftem Auftreten von Infektionskrankheiten, die auch wasserbezogen sein können, führen (vgl. Tabelle 4 in Kapitel 2.3). Von diesen sind für die vorliegende Studie neben den hygieneabhängigen Infektionskrankheiten aufgrund von Wassermangel nach Infrastrukturausfällen oder -einschränkungen vor allem wasserbürtige Infektionskrankheiten bedeutsam. Diese sind unter anderem über fäkal belastetes Trinkwasser übertragbar wie es z.B. nach einer Überflutung von Abwasseranlagen oder Weideflächen und einer unzureichenden Aufbereitung möglich ist, und bei ihnen ist davon auszugehen, dass sie zeitnah größere Bevölkerungsteile betreffen als hygieneabhängige Infektionserkrankungen (§ 40 des Gesetz zur Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz – IfSG) vom 20.07.2000, in Kraft getreten am 01.01.2001; vgl. Bradley 1977, Heinmüller 2001, Leclerc et al. 2002).

Im Rahmen der Surveillance von Infektionskrankheiten, unter der die „systematische und kontinuierliche Sammlung, Analyse und Interpretation von Daten...“⁴ (Porta et al. 2008, S. 239; vgl. Kapitel 2.4.1) zur Umsetzung von Public Health-Maßnahmen zur Verhinderung

² Auswirkungen auf die Gesundheit sind in der Definition Kritischer Infrastrukturen nicht explizit erwähnt, können jedoch unter „andere dramatische Folgen“ subsumiert werden. Gerechtfertigt scheint dies auch, weil Public Health ausdrücklich als schützenswertes Gut in den offiziellen Definitionen anderer Länder wie z.B. in den USA (Department of Homeland Security), Kanada (Public Safety Canada) oder Luxemburg (Haut-Commisariat a la protection nationale) genannt wird (vgl. auch Lenz 2009).

³ Der Begriff „Wasserversorgung“ bezieht sich im folgenden Text stets auf die öffentliche Wasserversorgung, die Anlagen nach § 3 Nr. 2 a) Trinkwasserverordnung (TrinkwV) einschließlich des dazugehörigen Leitungsnetzes, aus denen auf festen Leitungswegen an Anschlussnehmer Wasser für den menschlichen Gebrauch abgegeben wird, umfasst. Sind Kleinanlagen wie Eigen- oder Einzelversorgungsanlagen im Sinne des § 3 Nr. 2b) TrinkwV gemeint, wird dies gesondert ausgewiesen. Als Synonym hierfür wird der Begriff „privater Hausbrunnen“ verwendet.

⁴ „Systematic and continuous collection, analysis and interpretation of data, closely integrated with the timely and coherent dissemination of the results and assessment to those who have the right to know so that action can be taken.“

weiterer Infektionen zu verstehen ist, rieten zu Beginn des Auguthochwassers 2002⁵ verschiedene Institutionen im Elberaum wie z.B. auch das sächsische Sozialministerium in den Hochwassergebieten vorsorglich zum Abkochen des Trinkwassers für Säuglinge, Kleinkinder, Kranke und ältere Menschen, da eine Verschmutzung des Trinkwassers durch die Hochwasserfluten nicht vollkommen auszuschließen sei (Deutsche Presse-Agentur 2002).

Infolgedessen stellte sich in der vorliegenden Studie zur „Vulnerabilität der Kritischen Infrastruktur Wasserversorgung gegenüber Naturkatastrophen – Auswirkungen des Auguthochwassers 2002 auf die Wasserversorgung und das Infektionsgeschehen der Bevölkerung in Sachsen und Sachsen-Anhalt“ die Frage, welche konkreten Auswirkungen dieses Hochwasserereignis auf die Wasserversorgung hatte, und ob in der Folge von qualitativen oder quantitativen Versorgungseinschränkungen in der Bevölkerung Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen auftraten.

Mit Auffälligkeiten sind in dieser Studie signifikante Abweichungen gemeldeter Erkrankungen von der Normalsituation gemeint, das heißt Abweichungen von einem Infektionsgeschehen, das unter normalen Umständen zu erwarten gewesen wäre. Die Auffälligkeiten umfassen sowohl Über- als auch Unterschreitungen. Während Überschreitungen eine Häufung und somit die zeitliche und räumliche Ansammlung von Fällen gemeldeter Krankheitsfälle anzeigen (RKI 2003a), bedeuten Unterschreitungen eine unerwartet geringe Anzahl von Fallmeldungen.

Die Studie hat das Ziel, aus den Untersuchungsergebnissen Rückschlüsse für trinkwasserbezogene Public Health-Maßnahmen während zukünftiger Katastrophenereignisse und für notwendige Schutzvorkehrungen in Einrichtungen der Kritischen Infrastruktur Wasserversorgung abzuleiten. Die Ergebnisse sollen somit einen Beitrag für Bevölkerungsschutz und Public Health im Rahmen der Vorbereitung auf die Auswirkungen des Klimawandels leisten.

1.1 Public Health-Relevanz des Themas

Public Health ist eine interdisziplinäre Wissenschaft, die Komponenten der Sozial-, Natur-, Rechts- und Wirtschaftswissenschaften, der Medizin und Mathematik unter Gesundheitsge-

⁵ Der Begriff „Auguthochwasser 2002“ wurde gewählt, da er in offiziellen Publikationen (siehe z.B. Freistaat Sachsen 2003) verwendet wird, und gegenüber dem Begriff „Elbehochwasser 2002“ ein Ereignis bezeichnet, bei dem nicht nur der Fluss Elbe vom Hochwasser betroffen war, sondern auch Flüsse im Elbeinzugsgebiet. Der Begriff wird in der Literatur synonym verwendet zu den Begriffen „Elbehochwasser 2002“, „Elbeflut 2002“, „Hochwasser 2002“ und „Sommerhochwasser 2002“. Fehlt in der vorliegenden Studie eine Jahreszahl, handelt es sich um das Ereignis im Jahr 2002.

sichtspunkten miteinander verbindet. Public Health beschäftigt sich nicht mit individualmedizinischen Gesundheitsrisiken und Problemen, sondern wird durch seinen Bevölkerungsbezug charakterisiert. Aus Public Health-Sicht ist das Verständnis für gesellschaftliche, soziale und umweltbedingte Einflussfaktoren auf die Gesundheit der Bevölkerung, die Bedeutung der Prävention, insbesondere der Primärprävention, sowie eine effiziente und effektive Ressourcenverteilung im Gesundheitssystem wichtig (Rosenbrock 2001).

Definiert wird Public Health als „Wissenschaft und Kunst, unter der Einbeziehung organisierter Anstrengungen der Gesellschaft Krankheiten vorzubeugen sowie Leben zu verlängern und die Gesundheit zu fördern“⁶ (Porta et al. 2008, S. 198). Die Definition kann ergänzt werden um Forderungen zur Reduzierung sozialer und gesundheitlicher Ungleichheiten sowie einem Streben nach gesundheitsfördernden Umweltbedingungen (McMichael & Beaglehole 2000). Zu den Aufgaben der Gesellschaft in dieser Definition gehören unter anderen die Sicherstellung der Wasserversorgung und der Abwasserentsorgung, die Kontrolle von Infektionskrankheiten, die Organisation der Krankenversorgung sowie die Hygiene-Erziehung. Unter Hygiene ist hierbei die Verhütung von Infektionskrankheiten und die Erhaltung und Festigung der Gesundheit zu verstehen (Modeste 2004).

Um die Gesundheit der Bevölkerung zu bewahren und zu erhalten, sind die Sicherstellung der Wasserversorgung und der Abwasserentsorgung wichtige Public Health-Elemente. Dies bezieht sich sowohl auf die Verfügbarkeit des Wassers, als auch auf seine Qualität. Einen hohen Stellenwert hat in diesem Zusammenhang die Trinkwasserhygiene, unter der die Summe aller Maßnahmen zur Gestaltung der Wasserversorgung im Dienste der Gesundheit, und zwar für das körperliche, seelische und soziale Wohlbefinden des Menschen zu verstehen ist (Grohmann 2002, S. 1). Dies gilt insbesondere für Extremsituationen. Daher gehören Maßnahmen zur Verhütung und Bekämpfung übertragbarer Krankheiten genauso zu den Aufgaben von Gesundheitsaufsehern und Hygieneinspektoren im Bereich der Überwachung der Trinkwassersicherheit wie z.B. auch die Mitwirkung beim Katastrophen- und Zivilschutz (von Troschke 2001).

Bei der interdisziplinären Thematik der vorliegenden Studie handelt es sich um eine Analyse an der Schnittstelle zwischen Public Health und Bevölkerungsschutz. Unter Bevölkerungsschutz ist hierbei die „Summe der zivilen Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung und ihrer Lebensgrundlagen vor den Auswirkungen von Kriegen, bewaffneten Konflikten, Katastrophen und anderen schweren Notlagen sowie solcher zur Begrenzung und Bewältigung der

⁶ “Public Health is the science and art of preventing disease, prolonging life, and promoting health through organized efforts of society.”

genannten Ereignisse zu verstehen“ (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) o. J.). Wichtige Elemente von Public Health und Bevölkerungsschutz bestehen in der Schaffung von Voraussetzungen zur jeweils bestmöglichen Versorgung der Bevölkerung mit lebenswichtigen Gütern und Diensten sowie der Vermeidung von Krankheiten und Todesfällen z.B. durch Impfkampagnen und die Sicherstellung der Wasserversorgung und sanitärer Maßnahmen im Zuge katastrophaler Ereignisse. Einen Schwerpunkt der Schnittstelle bilden die Bereiche Epidemiologie⁷, Trinkwasserhygiene sowie der Schutz Kritischer Infrastrukturen.

1.2 Vorschau auf die Arbeit

Im Anschluss an die Einleitung werden in Kapitel 2 wissenschaftliche Hintergrund- und Kontextinformationen zur Thematik gegeben, die den Stand der Forschung widerspiegeln. Dazu gehören Informationen zu den Themenbereichen Kritische Infrastrukturen, Wasserversorgung, wasserbürtige Infektionskrankheiten, Infektionskrankheiten-Surveillance sowie zum Klimawandel und Naturkatastrophen im Allgemeinen und zum Augusthochwasser 2002 im Besonderen. In dieses Kapitel eingebettet ist auch eine Zusammenfassung von Reviews und Studien, in denen ein Zusammenhang zwischen Katastrophenereignissen, der Wasserversorgung und Infektionskrankheiten untersucht wurde. In Kapitel 3 werden aus den bisherigen Forschungsergebnissen und bestehenden Forschungsdefiziten die Fragestellungen und die Forschungshypothese der vorliegenden Studie abgeleitet.

Kapitel 4 umfasst Informationen über das zur Bearbeitung der Fragestellung und der Hypothese herangezogene Datenmaterial und die angewandten Methoden. Die hieraus resultierenden Ergebnisse sind in Kapitel 5 dargestellt. Diese werden im Teil Diskussion, Kapitel 6, ausführlich unter der Berücksichtigung der gegenwärtigen Forschungsmeinungen diskutiert. In Kapitel 7 werden Schlussfolgerungen aus den Studienergebnissen gezogen und es wird ein Ausblick gegeben auf weiteren Forschungsbedarf, der sich aus den Ergebnissen dieser Studie ergibt beziehungsweise der mit dem gewählten Forschungsdesign und den verfügbaren Daten nicht geklärt werden konnte. Die Studie schliesst mit einem Fazit in Kapitel 8.

⁷ Epidemiologie: Die Lehre vom Auftreten und der Verteilung gesundheitsbezogener Zustände oder Ereignisse in einer definierten Bevölkerung, einschließlich der Lehre von Determinanten, die diese Zustände beeinflussen, und die Nutzung gewonnener Erkenntnisse, um Gesundheitsprobleme unter Kontrolle zu halten („The study of the occurrence and distribution of health-related states or events in specified populations, including the study of the determinants influencing such states, and the application of this knowledge to control the health problems“), Porta et al. 2008, S. 81.

2 Wissenschaftlicher Kontext und Forschungsstand

Das Augusthochwasser 2002 hatte gravierende Auswirkungen auf die Wasserversorgung als Kritische Infrastruktur und das Potential für Auswirkungen auf das Infektionsgeschehen in der Bevölkerung und hier vor allem für das Auftreten von Infektionskrankheiten, die auch wasserbürtig bzw. hygieneabhängig sein können.

2.1 Kritische Infrastrukturen

Zu den Kritischen Infrastrukturen im Sinne des Bevölkerungsschutzes, die in Kapitel 1 bereits als Organisationen und Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen definiert wurden, zählen unter anderem der Energiesektor, der Sektor Informations- und Telekommunikationstechnik, der Sektor Transport und Verkehr, der Sektor Versorgung einschließlich der Infrastrukturbereiche Trinkwasser-, Lebensmittel- und Gesundheitsversorgung, Notfall- und Rettungswesen sowie der Entsorgung, der Sektor Gefahrstoffe einschließlich sensibler Industrien, der Sektor Behörden und Öffentliche Verwaltung, der Sektor Banken-, Finanz- und Versicherungswesen sowie sonstige symbolträchtige Bauwerke, Medien und Großforschungseinrichtungen (Geier 2006; vgl. auch Abbildung 1).

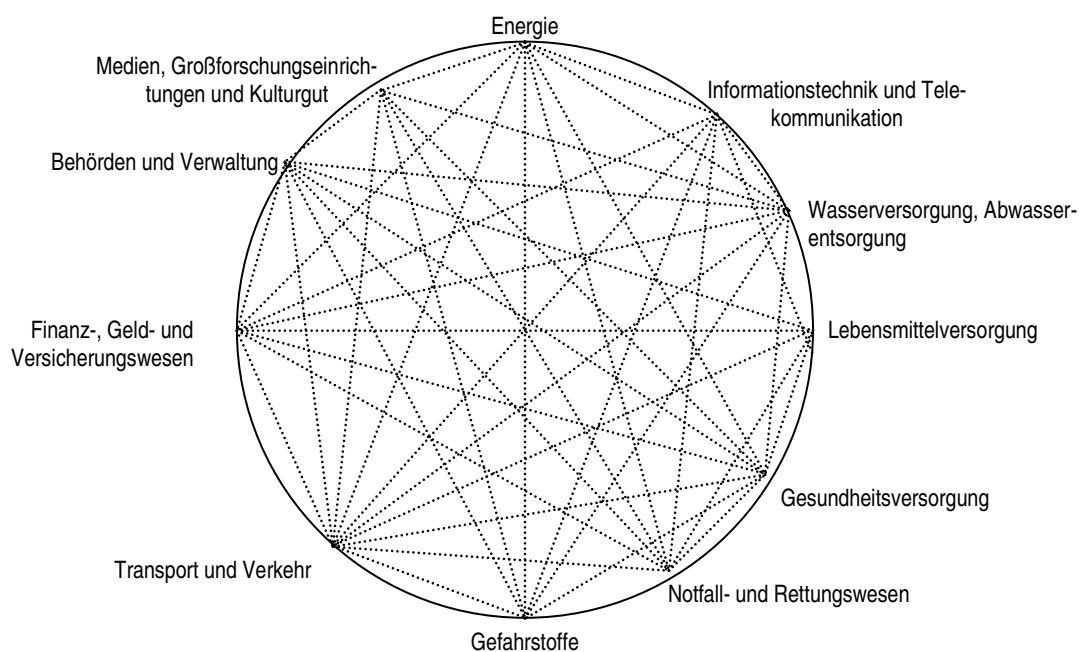


Abbildung 1: Interdependenzen Kritischer Infrastrukturen.

Quelle: Modifiziert nach Queste et al. 2007.

Ein wichtiges Kriterium zur Einschätzung der Bedeutung einer Kritischen Infrastruktur für die Gesellschaft ist ihre Kritikalität, die definiert wird als „ein relatives Maß für die Bedeutsamkeit einer Infrastruktur in Bezug auf die Konsequenzen, die eine Störung oder ein Funktionsausfall für die Versorgungssicherheit der Gesellschaft mit wichtigen Gütern und Dienstleistungen hat“ (BMI 2009a, S. 5). Vor den in Kapitel 2.1.1 genannten Gefahren sind daher nicht nur die Infrastrukturen selbst schützenswert, sondern auch die durch sie vermittelten Dienste, ihre Stoffströme und Informationsflüsse, ihre Funktionen und ihre ideellen Werte (Metzger 2004).

2.1.1 Gefahren

Die Gefahren für Kritische Infrastrukturen sind vielfältig und komplex. Krisensituationen, das heißt Störungen großen Ausmaßes, die durch betriebseigene Strukturen oder Mittel des Versorgers nicht behoben werden können, und die zu Beeinträchtigungen und Ausfällen der Versorgung führen können, können insbesondere durch extreme Naturereignisse, technisches und/oder menschliches Versagen, vorsätzliche Handlungen mit terroristischem oder sonstigem kriminellen Hintergrund sowie durch Kriege hervorgerufen werden (BMI 2009a, BMI 2007).

Zu den Naturereignissen gehören insbesondere Extremwetterereignisse wie Stürme, Starkniederschläge, Hochwasser (wie z.B. das Auguthochwasser 2002), Hitzewellen (wie der Hitzesommer 2003), aber auch Waldbrände, seismische Ereignisse und Epidemien⁸ und Pandemien⁹. Insbesondere bei schweren Epidemien und Pandemien, von denen ein Großteil der Bevölkerung betroffen ist, drohen infolge von Personalausfällen in Schlüsselinfrastrukturen wie der Energieversorgung Ausfälle der Versorgung. Technisches bzw. menschliches Versagen kann durch Systemversagen, Fahrlässigkeit, Unfälle und Havarien sowie auch durch organisatorisches Versagen wie z.B. durch Defizite im Risiko- und Krisenmanagement ausgelöst werden. Ein Beispiel für eine Havarie stellt die vermutlich durch Alterungsprozesse ausgelöste Explosion in Russlands größtem Wasserkraftwerk am 17.08.2009 dar, wodurch Stromausfälle in umliegenden Städten ausgelöst wurden (Voswinkel 2009). Gefahren durch Terrorismus (wie z.B. die Terroranschläge auf das World Trade Center in New York City am

⁸ Epidemie: Eine Epidemie liegt vor, wenn in einem bestimmten Raum und während eines begrenzten Zeitabschnitts im Vergleich zur Ausgangssituation Erkrankungsfälle mit einheitlicher Ursache vermehrt auftreten (Suttorp et al. 2004, S. 7).

⁹ Pandemie: Epidemie ohne räumliche Grenzen, die sich während eines bestimmten Zeitraums über mehrere Länder oder Erdteile erstreckt (Suttorp et al. 2004, S. 8).

11.09.2001), Kriminalität und Krieg werden häufig durch Sabotageakte und Zerstörung herbeigeführt (BMI 2009a).

Tritt ein infrastrukturegefährdendes Ereignis ein, können aufgrund von Störungen oder Ausfällen auch Domino- und Kaskadeneffekte auftreten, die das Potential besitzen, gesellschaftliche Teilbereiche zum Erliegen bringen. Hierdurch können neben unmittelbaren Schäden für die Bevölkerung volkswirtschaftliche Schäden entstehen sowie auch Vertrauensverluste in das politische System (BMI 2009a).

2.1.2 Vulnerabilität

Kritische Infrastrukturen sind hoch vulnerabel. Unter der Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen ist die „gefahrenspezifische Anfälligkeit einer Kritischen Infrastruktur für Beeinträchtigung oder Ausfall ihrer Funktionsfähigkeit, welche zur Unterbrechung der Versorgung der Bevölkerung mit wichtigen Gütern und Diensten führen kann“ (Lenz 2009, S. 30) zu verstehen.

Die Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen wird geprägt durch eine Vielzahl an Faktoren. Lenz (2009) hat in einer Studie zur Erstellung von Indikatoren Kritischer Infrastrukturen insbesondere die Faktoren Robustheit¹⁰ (Resistenz), Pufferkapazität¹¹ (Resilienz), Abhängigkeit von anderen Infrastrukturen¹² (Interdependenz), Abhängigkeit von Spezialpersonal, Abhängigkeit von spezifischen Umweltbedingungen und Anpassungsfähigkeit z.B. bei Veränderungen durch den Klimawandel, sowie das Qualitäts- und Schutzniveau als besonders relevant herausgestellt.

Hoch vulnerabel ist z.B. eine Einrichtung Kritischer Infrastrukturen, in der im Ereignisfall aufgrund einer nur geringen Resistenz äußere Einflüsse nicht abgewehrt oder durch die aufgrund einer nur geringen Resilienz vorhandenen Schutzvorkehrungen nicht ausreichend ausgeglichen oder minimiert werden können, so dass Beeinträchtigungen der Dienstleistung oder Funktionsausfälle die Folge sind. Durch eine stetig zunehmende Systemkomplexität mit einer mehrdimensionalen Vernetzung zwischen den einzelnen Kritischen Infrastruktursektoren ent-

¹⁰ Robustheit: Fähigkeit einer Kritischen Infrastruktur, der physischen Einwirkung eines Ereignisses widerstehen zu können und somit durch dieses nicht beschädigt oder in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt zu werden (Lenz 2009, S. 51).

¹¹ Pufferkapazität: Relatives Maß für die Dauer, die eine Kritische Infrastruktur die Einwirkung eines Ereignisses verkraften kann, ohne in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt zu werden (Lenz 2009, S. 53).

¹² Abhängigkeit von anderen Infrastrukturen: Grad, in dem eine Kritische Infrastruktur für die Erbringung ihrer Leistung auf die Leistung und damit auf die Funktionsfähigkeit anderer Infrastrukturen angewiesen ist (Lenz 2009, S. 53).

stehen zudem gegenseitige Abhängigkeiten, die so genannten Interdependenzen (siehe Abbildung 1).

Die Vulnerabilität umfasst darüber hinaus auch Bewältigungskapazitäten, auch bekannt als „Coping Capacities“, die benötigt werden, um zeitnah und effektiv die Versorgung wiederherzustellen bzw. Ersatzmaßnahmen zur Überbrückung der Versorgung einzusetzen. Nach Lenz (2009) gehören hierzu Faktoren wie Bereitschaft zur Etablierung eines Krisen- und Wiederherstellungsmanagements, Redundanz, Transparenz, Substituierbarkeit sowie der Wiederherstellungsaufwand, der das Wiederanlaufen der Betriebsprozesse nach einem ereignisbedingten Ausfall der Infrastruktur und die Wiederherstellung des Normalbetriebs umfasst (Tobin & Montz 1997, von Rössing 2005).

Wirtschaftlicher Wettbewerb in einzelnen Branchen, der Abbau von Redundanzen, mit denen partielle Ausfälle kompensiert werden können durch das mehrfache Vorhandensein von Strukturen zur Erbringung derselben Leistung, sowie neuralgische Punkte, das heißt Prozessbereiche oder einzelne Risikoelemente, deren Beeinträchtigung zu weitreichenden Ausfällen oder Schäden führen kann, führen zur Reduktion der Bewältigungskapazitäten und tragen somit zu einer Erhöhung der Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen bei (John-Koch 2007a, John-Koch 2006, Lenz 2006).

Die Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen ist stark von gesellschaftlichen Faktoren geprägt. Abhängig vom Entwicklungsstand der jeweiligen Gesellschaft gilt für Kritische Infrastrukturen ein Verletzlichkeitsparadoxon: „In dem Maße, in dem ein Land in seinen Versorgungsleistungen weniger störanfällig ist, wirkt sich jede Störung umso stärker aus“ (BMI 2009a, S. 8).

2.1.3 Schutzvorkehrungen

Zur Reduzierung der Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen wurden von verschiedenen Institutionen Konzepte für Schutzvorkehrungen Kritischer Infrastrukturen entwickelt. Diese beinhalten unter anderem Empfehlungen für den Gebäudeschutz, den Schutz von Mitarbeitern sowie den Schutz von Anlagen, Anlageteilen, Leitungen und Versorgungsnetzen. Ziel ist die Abwehr von Schäden, die Aufrechterhaltung der Funktionalität (im klassischen Sinne des Betrieblichen Kontinuitätsmanagements), die Vorbereitung von Überbrückungsmaßnahmen bzw. die Kompensation von Leistungen und die Schaffung von Vorkehrungen für ein rasches Wiederanlaufen von Prozessen nach einem Ausfall (siehe z.B. British Standards Institution 2006, Clark & Deiniger 2000, Commission of the European Communities 2006, John-Koch 2007b, Schreiber 2005, United States Government Accountability Office 2004).

Beispielhaft zu nennende Empfehlungen auf nationaler Ebene in Deutschland sind das Basischutzkonzept und der Risiko- und Krisenmanagementleitfaden für Unternehmen und Behörden des BMI (BMI 2007, BMI 2005), der Risikomanagementleitfaden für Krankenhäuser (BBK 2008b) sowie der Hinweis W 1002 "Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Organisation und Management im Krisenfall" der Deutschen Vereinigung des Gas- und Wasserfaches (DVGW 2008b). Von diesen beinhaltet der Risiko- und Krisenmanagementleitfaden (BMI 2007) umfangreiche Informationen darüber, wie im Unternehmen bzw. der kritischen Infrastruktureinrichtung im Vorfeld einer Katastrophe eine Risikoanalyse durchgeführt werden kann, auf der dann die Etablierung eines Krisenmanagements basiert, dass – nach vorherigen Übungen – im Katastrophenfall zum Einsatz kommt und die Aufbau- und Ablauforganisation regelt.

Die Umsetzung dieser Empfehlungen erfolgt – sofern nicht anders gesetzlich geregelt – von den einzelnen Unternehmen, Institutionen und Behörden freiwillig im Sinne des Eigenverantwortungsprinzips. Beim Schutz Kritischer Infrastrukturen auf Länderebene ist seit dem Inkrafttreten des Gesetzes über den Zivilschutz und die Katastrophenhilfe des Bundes (Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz – ZSKG) am 09.04.2009 eine Beratung und Unterstützung durch den Bund möglich (§ 18 Abs. 2 ZSKG). Hintergrund dieser gesetzlichen Regelung sind sowohl die Neue Strategie für einen modernen Bevölkerungsschutz (BMI 2009b) als auch die Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (BMI 2009a).

2.2 Die Wasserversorgung in Deutschland

In weniger entwickelten Ländern ist der Zugang zu sauberem Trinkwasser vielfach ein großes Problem, und die meisten Infektionskrankheiten, die zudem eine hohe Kindersterblichkeit (mit-)verursachen, sind auf quantitative bzw. qualitative Defizite der Trinkwasserversorgung zurückzuführen (Black et al. 2003). In entwickelten Ländern, und so auch in Deutschland, ist dagegen ein Großteil der Bevölkerung an öffentliche Wasserversorgungsanlagen angeschlossen (vgl. Tabelle 1). Ziele der öffentlichen Wasserversorgung sind die Bereitstellung von Trinkwasser in ausreichender Menge, mit dem erforderlichen Druck und in hoher Qualität. Vor allem durch die hohe Trinkwasserqualität sowie ubiquitär verfügbare sanitäre Einrichtungen konnte eine Vielzahl an Infektionskrankheiten zurückgedrängt werden (Black 2003, World Health Organization (WHO) 2004, WHO & United Nations Children's Fund (UNICEF) 2008).

Deutschland nimmt im Vergleich mit anderen ausgewählten europäischen Ländern einen hohen Rang bei der Trinkwasserversorgung ein (vgl. Tabelle 1). Dies liegt vor allem an den strukturellen und gesetzlichen Grundlagen, die zu einer hohen Versorgungssicherheit und Trinkwasserqualität geführt haben. Auch der Zustand des Versorgungsnetzes ist im Vergleich zu anderen Ländern gut, da im Durchschnitt in Deutschland nur ein geringer Prozentsatz des Wassers aufgrund von Leckagen und Rissen verloren geht.

Tabelle 1: Charakteristika der Wasserversorgung in ausgewählten europäischen Ländern

Quellen: Mutschmann & Stimmelmayer 2007, Schmitz 2006, Smeets et al. 2009; eigene Darstellung 2009.

Land	Anschlussgrad ^a	Haushaltswasserverbrauch (L/Einw./Tag)	Versorgungssicherheit ^b	Qualität	Wasserverluste ^c
Dänemark	96%	131	Hoch	Hoch	9%
Deutschland	99,2%	128	Hoch	Hoch	8%
Frankreich	100%	151	Mittel	Mittel	25%
Großbritannien	99,6%	153	Durchschnittlich/schlecht	Durchschnittlich/mittel	29%
Italien	96%	243	Schlecht	Schlecht	27%
Niederlande	100%	159	Hoch	Hoch	3%

a. an öffentliche Trinkwasserversorgungsanlagen

b. Vorbeugung des Versorgungsausfalls bei kurzzeitigen betrieblichen Unterbrechungen u. a. durch Anzahl und Auslegung der Pumpensätze, redundante Energieeinspeisung und Ersatzstromversorgung

c. Differenz zwischen Wasserabgabe in das Rohrnetz (Netzeinspeisung) und der gemessenen nutzbaren Wasserabgabe an die Verbraucher

2.2.1 Strukturelle und gesetzliche Grundlagen

In Deutschland gibt es etwa 5.000 Wasserversorgungsunternehmen, die dezentral und in heterogenen Unternehmensformen organisiert sind. Neben wenigen großen, in der Regel privatwirtschaftlich organisierten Wasserversorgungsunternehmen bestehen viele kleine Unternehmen, die oftmals von den Kommunen selbst betrieben werden. Daneben existieren Zweckverbände, in denen sich mehrere kleine öffentlich organisierte Unternehmen zusammengeschlossen haben (Statistisches Bundesamt 2007). Die vorrangig in einzelnen Bundesländern vorherrschenden Unternehmensformen äußern sich in der jeweiligen Anzahl an Unternehmen pro Bundesland, sind jedoch auch von der Landesgröße abhängig. So zeigt z.B. Tabelle 2 eine enorm hohe Anzahl an Wasserversorgungsunternehmen in Bayern aufgrund vieler kleiner kommunaler Wasserversorger in diesem großen Flächenstaat, während in den Stadtstaaten einzelne Unternehmen die Versorgung übernehmen. In dieser Tabelle enthalten ist auch die Anzahl an Wassergewinnungsanlagen, die die Art der Wassergewinnung aufgrund regional unterschiedlicher hydrogeologischer Gegebenheiten widerspiegelt.

Tabelle 2: Anzahl an Wasserversorgungsunternehmen und Wassergewinnungsanlagen in Deutschland im Jahr 2004

Quelle: Modifiziert nach Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2007.

Land	Wasserversorgungsunternehmen ^a	Wassergewinnungsanlagen
Baden-Württemberg	938	2.424
Bayern	1.963	3.414
Berlin	1	1
Brandenburg	109	508
Bremen	2	2
Hamburg	1	13
Hessen	399	2.208
Mecklenburg-Vorpommern	54	524
Niedersachsen	247	419
Nordrhein-Westfalen	439	888
Rheinland-Pfalz	214	1.297
Saarland	39	91
Sachsen	103	571
Sachsen-Anhalt	49	178
Schleswig-Holstein	391	436
Thüringen	94	836
Deutschland	5.043	13.810

a. Wasserversorgungsunternehmen mit Wassergewinnung nach Sitz des Wasserversorgungsunternehmens

Der Großteil der Bevölkerung in Deutschland ist an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen. Der Anschlussgrad der privaten Haushalte an die öffentliche Wasserversorgung im Jahr 2004 betrug im Durchschnitt 99,2% (vgl. Tabelle 1; Statistisches Bundesamt 2007). Die Bevölkerung, die nicht an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen ist, versorgt sich autark über so genannte Eigen- und Einzelversorgungsanlagen (insgesamt 794.000 Einwohner, Statistisches Bundesamt 2006). Geringe Anschlussgrade an die öffentliche Wasserversorgung gibt es vor allem in Ostdeutschland und im ländlichen Raum. Ein Beispiel hierfür ist die Gemeinde Hartmannsdorf-Reichenau im Weißeritzkreis im Bundesland Sachsen, in der 15,4% der 1.180 Einwohner an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen sind (Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) & Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) 2002).

Gesetzliche Grundlage für die Wasserversorgung in Deutschland ist die am 01.01.2003 in Kraft getretene Trinkwasserverordnung (TrinkwV) vom 21.05.2001, mit der die Vorgaben der EG-Richtlinie des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Richtlinie 98/83/EG vom 03.11.1998) in nationales Recht umgesetzt wurden¹³. Das Trinkwasser hat zudem den Anforderungen des IfSG zu entsprechen und darf Krankheitserreger nicht in

¹³ Ein Referentenentwurf zur Novelle der TrinkwV vom 28.11.2008 wurde zurückgezogen und befindet sich derzeit in Überarbeitung (vgl. z.B. Schoop 2009).

Konzentrationen enthalten, die die menschliche Gesundheit gefährden können (§§ 4 bis 8 TrinkwV in Verbindung mit § 2 Nr. 1 und § 37 IfSG). Eine Überprüfung ist nach TrinkwV durch die Messung von Indikatorparametern vorgegeben, die festgelegte Grenzwerte nicht überschreiten dürfen (§ 7 TrinkwV).

Die Wasserversorgung besteht aus den Hauptaufgaben Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung von Trinkwasser bis zum Hausanschluss des Verbrauchers (§ 4 TrinkwV). Die Gewinnungs- und Aufbereitungsarten sind regional unterschiedlich und abhängig von den naturräumlichen Gegebenheiten. Trinkwasser kann aus Grundwasser, Oberflächenwasser wie Fluss-, Seen-, Talsperren und angereichertem Grundwasser, Uferfiltrat sowie aus Quellwasser gewonnen werden.

Nach § 1a Abs. 3 Wasserhaushaltsgesetz (WHG – Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts vom 27.07.1957 in der Fassung der Bekanntmachung vom 19.08.2002) zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik) ist durch Landesrecht zu bestimmen, den Wasserbedarf der öffentlichen Wasserversorgung vorrangig aus ortsnahen Wasservorkommen zu decken. Die jeweilige Nutzung der Gewinnungsarten in den Bundesländern Deutschlands ist in Tabelle 3 dargestellt. Die Tabelle veranschaulicht, dass in einem Großteil der Bundesländer die größte Wassermenge aus Grundwasser gewonnen wird, während in Bundesländern wie Nordrhein-Westfalen oder Sachsen der Anteil der Trinkwassergewinnung aus Grundwasser wesentlich niedriger ausfällt als der Anteil aus anderen Gewinnungsarten.

Für die Aufbereitung stehen abhängig von der Art der Wassergewinnung verschiedene Verfahren zur Verfügung, wie z.B. Flockung und Fällung, Sedimentation, Filtration und die Desinfektion z.B. mit Ozon, UV-Bestrahlung und Chlor. Sie alle haben das primäre Ziel, Krankheitserreger im Wasser zu eliminieren (§ 11 TrinkwV in Verbindung mit „Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 TrinkwV 2001“, Umweltbundesamt (UBA) 2009, Feuerpfeil et al. 2007).

Der Schutz des Einzugsgebietes gemäß Multibarrierenprinzip ist Basis für die Effektivität der technischen Aufbereitungsverfahren. Es setzt sich zusammen aus (a) dem Schutz der Trinkwasserressource, die aufgrund staatlicher Vorgaben unter anderem die Überwachung der Rohwasserqualität und die Ausweisung von Trinkwasserschutzgebieten umfasst, (b) den Pflichten des Wasserversorgers die Gewinnung, Aufbereitung, Speicherung, den Transport und die Verteilung des Wassers entsprechend den allgemein anerkannten Regeln der Technik

durchzuführen sowie (c) der Verantwortung der Hausbesitzer, die Trinkwasserinstallation im Haus durch die Materialenauswahl und eine fachgerechte Installation zu gewährleisten (Castell-Exner 2001).

Tabelle 3: Trinkwassergewinnung in Deutschland im Jahr 2004

Quelle: Modifiziert nach Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2007.

Wassergewinnung ^a in 1000m ³					
Land	Grundwasser	Quellwasser	Uferfiltrat und angereichertes Grundwasser	Fluss-, Seen- und Talsperrenwasser	Insgesamt
Baden-Württemberg	361.626	125.035	5.458	193.930	686.049
Bayern	665.528	162.012	48.310	24.207	901.057
Berlin	214.556	–	–	–	214.556
Brandenburg	118.074	15	7.892	19	126.000
Bremen	14.117	–	–	–	14.417
Hamburg	121.945	–	–	–	121.945
Hessen	313.399	39.581	7.947	–	360.927
Mecklenburg-Vorpommern	78.304	2	3.793	11.832	93.931
Niedersachsen	461.925	11.776	2.630	60.079	536.410
Nordrhein-Westfalen	539.321	24.673	527.968	208.996	1.300.958
Rheinland-Pfalz	185.634	35.473	29.220	8.560	258.887
Saarland	66.392	2.034	–	–	68.426
Sachsen	71.131	15.371	64.259	145.305	296.066
Sachsen-Anhalt	59.738	1.834	15.624	2.822	80.018
Schleswig-Holstein	177.347	–	–	167	177.514
Thüringen	65.756	19.016	752	49.039	134.563
Deutschland	3.516.093	436.822	713.853	704.956	5.371.724

- a. Die regionale Zuordnung für Deutschland sowie Hamburg, Bremen und Berlin erfolgte nach Sitz des Unternehmens, bei den anderen Ländern nach Standort der Gewinnungsanlagen. Dadurch kommt es bei Aufsummierung der Bundesländer zu Doppelzählungen/Untererfassungen. Die Angabe für Deutschland enthält keine Doppelzählungen oder Untererfassungen.

Liegen mikrobielle Belastungen des Rohwassers im Sinne des § 5 Abs. 4 TrinkwV vor, die zum Auftreten einer übertragbaren Krankheit führen können, muss eine Aufbereitung erfolgen. Für besondere Fälle, wie z.B. Katastrophensituationen, ist eine spezielle Aufbereitung zugelassen (§ 12 TrinkwV; vgl. auch UBA 2004). Diese sieht unter anderem auch die Zugabe von Desinfektionsmitteln in Tablettenform direkt beim Endverbraucher vor.

Für den Fall, dass im Trinkwasser Krankheitserreger festgestellt werden, die eine Gefährdung der menschlichen Gesundheit zur Folge haben könnten, und die nicht durch eine Desinfektion mit Chlor oder Chlordioxid beseitigt werden können (§ 9 Abs. 3 Satz 2 TrinkwV), sind von den Betreibern der Wasserversorgungsunternehmen prospektiv Maßnahmepläne für die Unterbrechung der Versorgung aufzustellen (§ 16 Abs. 6 TrinkwV). Die Maßnahmepläne sollen

Angaben zur Organisation der Umstellung auf eine Ersatzwasserversorgung und einen Adressatenkreis für Benachrichtigungen über festgestellte Abweichungen der Trinkwasserqualität enthalten. Die Maßnahmepläne bedürfen der Zustimmung der Gesundheitsbehörden.

Der DVGW erarbeitet als technisch-wissenschaftlicher Verein anerkannte Regeln der Technik, die die gesetzlich festgelegten allgemeinen Schutz- und Sicherheitsziele mit Handlungsempfehlungen für die Wasserversorger ausgestalten. Die DVGW-Hinweise W 1000 "Anforderungen an die Qualifikation und die Organisation von Trinkwasserversorgern" (DVGW 2005) und W 1001 „Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Risikomanagement im Normalbetrieb“ (DVGW 2008a) zeigen Grundsätze für ein risikoorientiertes Management auf, mit dem die Sicherheit im betrieblichen Alltag der Wasserversorgung optimiert werden kann. Mit dem DVGW-Arbeitsblatt W 1020 (DVGW 2003a) hat der DVGW Empfehlungen und Hinweise für den Fall von Grenzwertüberschreitungen und anderen Abweichungen von der TrinkwV zusammengestellt, die unter anderem Hilfestellungen für die Ausgestaltung der Maßnahmepläne geben.

Den Anforderungen der TrinkwV entsprechend, dass Trinkwasser "genusstauglich und rein" sein muss, setzt die zu den technischen Regeln des DVGW gehörende DIN 2000-10 Qualitätsmaßstäbe für Trinkwasser (Deutsches Institut für Normung 2000). Auch hier sind Hinweise für Abweichungen von der TrinkwV enthalten. Die öffentliche Trinkwasserversorgung darf nach dieser DIN nur in extremen Notsituationen unterbrochen werden, da bei länger andauernden Versorgungsunterbrechungen die Gefahr für das Auftreten von Krankheitsfällen gegeben ist.

Für schwerwiegende Krisen in der Wasserversorgung wie z.B. in Katastrophensituationen, die über Störungen des Normalbetriebs hinausgehen, gibt es den bereits in Kapitel 2.1.3 erwähnten DVGW-Hinweis W 1002 "Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Organisation und Management im Krisenfall" (DVGW 2008b), der den früheren Hinweis W 1050 „Vorsorgeplanung für Notstandsfälle in der öffentlichen Trinkwasserversorgung“ (DVGW 2002) abgelöst hat. Der DVGW-Hinweis W 1002 (DVGW 2008b) enthält Grundlagen für ein betriebliches Krisenmanagement sowie vielfältige Informationen über die Organisation des Katastrophen- und Krisenmanagements der zuständigen Behörden. Im Gegensatz zu DVGW-Hinweis W 1020 (DVGW 2003a), der zur Vorbereitung auf Störungen und Krisen der Wasserversorgung jeglicher Art genutzt werden kann, gilt W 1002 (DVGW 2008b) somit ausschließlich für den Ausfall der Trinkwasserversorgung durch Krisenfälle.

Die Umsetzung rechtlicher Vorgaben der Wasserversorgung in Deutschland liegt in der Zuständigkeit der jeweiligen Bundesländer. In den vom Augusthochwasser 2002 – dem Beispielereignis der vorliegenden Studie – am stärksten betroffenen Gebieten regeln z.B. das Wassergesetz für das Land Sachsen-Anhalt, bekannt gegeben am 12. April 2006, und das Sächsische Wassergesetz vom 18. Oktober 2004 die Umsetzung der Öffentlichen Wasserversorgung in den Gemeinden. Die Überwachung der Trinkwasserqualität wird ebenfalls auf Länderebene wahrgenommen. Im Land Sachsen geschieht dies gemäß des Gesetzes über den öffentlichen Gesundheitsdienst im Freistaat Sachsen (SächsGDG vom 11.12.1991) durch die LUA Sachsen (Landesuntersuchungsanstalt für das Gesundheits- und Veterinärwesen Sachsen), und in Sachsen-Anhalt ist der Öffentliche Gesundheitsdienst zuständig (Gesetz über den Öffentlichen Gesundheitsdienst und die Berufsausübung im Gesundheitswesen im Land Sachsen-Anhalt, GDG LSA vom 21.11.1997).

Neben den gesetzlichen Grundlagen auf europäischer, nationaler und Länderebene gibt es die im Rahmen der 3. Auflage der Drinking Water Guidelines von der WHO erarbeiteten Empfehlungen zur Aufstellung und Einführung von so genannten „Water Safety Plans“, die Hinweise zur Risikoanalyse, -bewertung und -steuerung der Trinkwasserversorgung enthalten. In den Drinking Water Guidelines enthalten sind auch Empfehlungen zum Umgang mit Katastrophensituationen, die Auswirkungen auf die Wasserversorgung haben können (Licht 2007, Niehues 2006, WHO 2008).

In dem am 24.08.1965 in Kraft getretenen und zuletzt am 12.08.2005 geänderten „Gesetz über die Sicherstellung von Leistungen auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft für Zwecke der Verteidigung (Wassersicherstellungsgesetz, WasSiG), ist die behelfsmäßige Wasserversorgung für den Spannungs- und Verteidigungsfall geregelt. Die vom Bund finanzierten und von den Ländern gewarteten Notbrunnen¹⁴ und Verbundleitungen dürfen nach § 8 WasSiG mit Zustimmung der zuständigen Behörde auch für andere Zwecke als den Verteidigungsfall genutzt werden. Diese „Gesetzeslücke“ ermöglicht unter besonderen Umständen die Nutzung dieser Anlagen im Katastrophenfall. Dies ist dann denkbar, wenn z.B. die Versorgung der Bevölkerung über das normale Netz der öffentlichen Wasserversorgung nicht mehr erfolgen kann, und auch keine Möglichkeiten anderweitiger Alternativversorgungen wie z.B. über die Nutzung von Wasserwagen etc. bestehen. Die Nutzung von Wasser aus Notbrunnen setzt eine Freigabe durch das Gesundheitsamt voraus (vgl. auch Langenbach & Fischer 2008).

¹⁴ Notbrunnen sind für die städtische Bevölkerung vorgesehen (Langenbach & Fischer 2008).

Die Wasserversorgung und die Sicherheit der Trinkwasserqualität sind in Deutschland zwar auf einem hohen und recht sicheren Niveau geregelt, aber auch im Normalbetrieb können Störungen auftreten, wie beispielsweise eine ausgelöste Störung durch einen weniger als drei Sekunden andauernden Ausfall der Stromversorgung aufgrund eines Störfalls im Kernkraftwerk Krümmel zeigte: Aufgrund eines starken Druckanstiegs beim Wiederanschalten der Wasserversorgung kam es zum Platzen von 16 Wasserrohren, wodurch die Wasserversorgung in Stadtteilen Hamburgs für etwa 100.000 Einwohner bis zu drei Stunden unterbrochen war (Krümpel & Smolka 2009, Norddeutscher Rundfunk Online 2009, Sträter 2009). Insbesondere Katastrophensituationen und Extremereignisse verdeutlichen, dass die Wasserversorgung ein kritisches, weil vulnerables Infrastrukturelement ist.

2.2.2 Die Wasserversorgung als Kritische Infrastruktur

Die Kritische Infrastruktur Wasserversorgung ist hochkomplex. Eine hohe Vulnerabilität gegenüber Extremereignissen besteht für einzelne Komponenten sowie für das Gesamtsystem (vgl. Abbildung 2). Das Funktionieren der Wasserversorgung ist vor allem gefährdet durch das Auftreten von Unfällen, terroristischen Anschlägen, Stromausfällen sowie auch von extremen Naturereignissen, wie z.B. Hochwasser, Erdbeben und Zeiten extremer Trockenheit (vgl. Kapitel 2.1.1).

Zu den Unfällen gehören z.B. solche mit Gefahrguttransportern, die Kontaminationen der Rohwasserressource verursachen können. Beispiele für Anschläge sind der Anschlag auf die Staumauer einer Talsperre (Richter 2007) oder auf ein Trinkwasserreservoir, wie Ende 2005 im Falle der Bodenseewasserversorgung (Wieselmann 2005).

Hochwasser können sowohl die zur Gewinnung benötigten Wasserressourcen wie Grund- und Oberflächenwasser negativ beeinflussen und so die Trinkwasserqualität gefährden, als auch Anlagen und Anlagenteile des Versorgungsunternehmens sowie unterirdisch verlegte Wasserrohre des Versorgungsnetzes beschädigen, die sich im Überschwemmungsbereich befinden (siehe z.B. Hintzsch 2006, vgl. Abbildung 2).

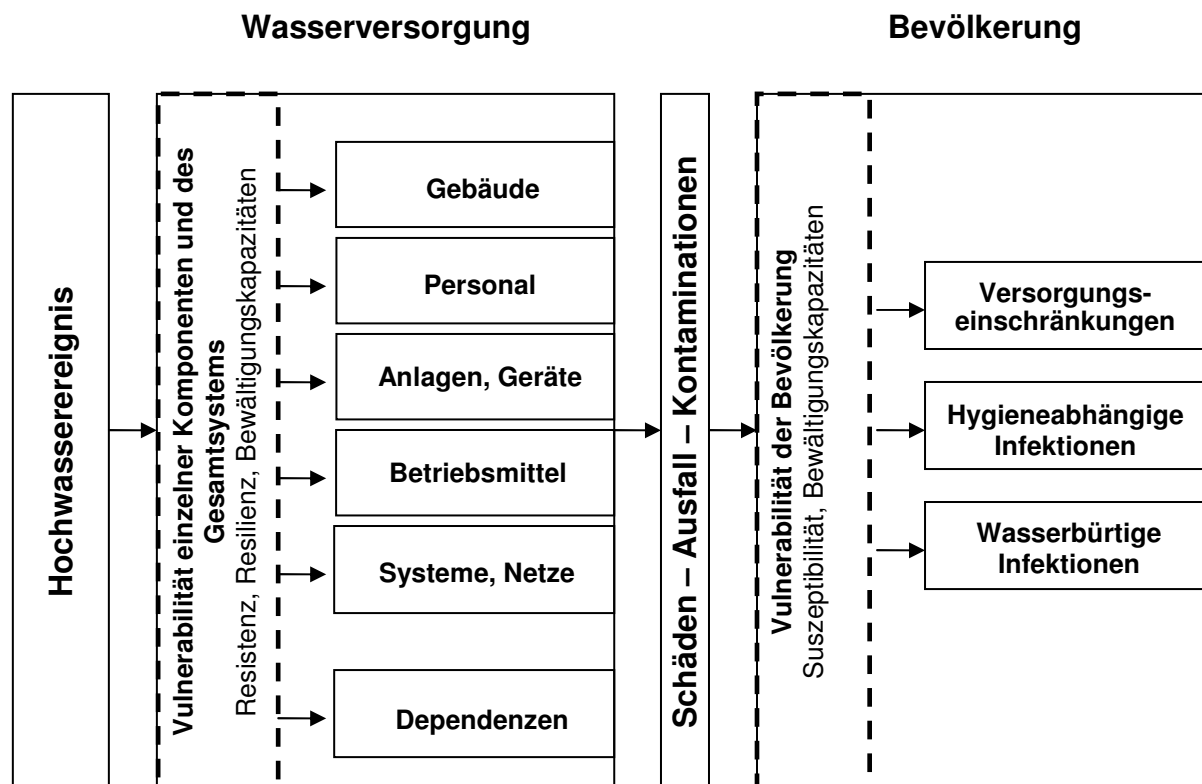


Abbildung 2: Vulnerabilität der Kritischen Infrastruktur Wasserversorgung gegenüber Hochwasser

Quelle: Modifiziert nach Queste & Lauwe 2006.

Erdbeben können zur Unterbrechung der Wasser-, Strom- und Gasversorgung führen. Während des Hanshin-Awaji-Erdbebens in Kobe, Japan, im Jahr 1995 kam es z.B. in dichtbevölkerten Innenstadtbereichen zu großflächigen Bränden mit vielen Todesfällen, da aufgrund der Leitungsbrüche die Löschwasserzufuhr unterbrochen war (Nakamura 1995).

Der Hitzesommer 2003 ging unter anderem in Deutschland einher mit einer langen Trockenperiode, durch die es aufgrund einer verstärkten Verdunstung zu einer Anreicherung von Mikroorganismen in Oberflächengewässern und somit auch zu einer auffälligen Verschlechterung der Trinkwasserqualität kam (Hansestadt Lübeck & Kreis Herzogtum-Lauenburg 2004).

Das Funktionieren der Wasserversorgung ist zu einem hohen Grad von einer funktionierenden Energieversorgung abhängig, da Strom unter anderem für verschiedenste Teilbereiche wie Pumpen, Aufbereitungsverfahren und Netzdruckanlagen sowie die Steuerung und Qualitätsüberwachung benötigt wird. Auch das einwandfreie Funktionieren der Informations- und Kommunikationsinfrastruktur ist für einen reibungslosen Ablauf der Wasserversorgung wichtig, da hierüber vor allem in großen Wasserversorgungsunternehmen viele Prozesse gesteuert werden (McBean 2006). Die Auswirkungen eines extrem kurz andauernden Stromausfalls auf

die Wasserversorgung zeigte der in Kapitel 2.2.1 dargestellte Ausfall der Wasserversorgung in Teilen Hamburgs im Jahr 2009.

Durch derartige Extremereignisse kann die Wasserversorgung entweder in ihrer Funktionalität beeinträchtigt oder so stark gestört werden, dass sie abgeschaltet werden muss oder von selbst ausfällt oder dass die Trinkwasserqualität nicht den gesetzlichen Anforderungen entspricht (siehe Kapitel 2.2.4). Gefährdet sind alle Teile des Wasserversorgungssystems, das heißt die Wassergewinnung, die Aufbereitung, Speicherung und die Verteilung. Schützenswerte Komponenten sind somit vor allem Wasserfassungen, Pumpen, Aufbereitungsanlagen, Maschinenräume, Wasserspeicher und Wasserleitungen. Schäden können bei einem Hochwasser z.B. durch Freispülung oder Aufschwimmen erfolgen, aber es können auch Elektroinstallationen und Steuerungssysteme beschädigt werden, und eine erhöhte Sedimentation kann zu Schäden von Anlageteilen führen.

Darüber hinaus ist das Funktionieren der Wasserversorgung unter anderem notwendig für die Lebensmittelproduktion, die Abwasserentsorgung sowie die Gesundheitsversorgung. Zur Fäkalienentsorgung über die Kanalisation wird Wasser der öffentlichen Wasserversorgung benötigt. Ein Ausfall der Wasserversorgung führt in der Regel auch zu einem Ausfall der Abwasserentsorgung. Im Bereich der Gesundheitsversorgung wird Trinkwasser mit einer hohen Trinkwasserqualität für die Patientenversorgung sowie für den Betrieb technischer Geräte benötigt, wie sie in einer Vielzahl von Einrichtungen des Gesundheitswesens eingesetzt werden. Hierzu gehören ambulante Einrichtungen wie z.B. Dialysestationen, stationäre und teilstationäre Einrichtungen in Krankenhäusern mit Operationsbereichen und Intensivstationen sowie ambulante und stationäre Pflegeeinrichtungen. Hier gefährden Ausfälle der Versorgung sowie auch Trinkwasserkontaminationen den Einsatz oft lebensnotwendiger oder lebensrettender Geräte (BBK 2008b).

2.2.3 Trinkwasserkontaminationen

Trotz Multibarrierenprinzip und weiteren Schutzvorkehrungen seitens des einzelnen Wasserversorgungsunternehmens kann es auch in entwickelten Ländern zu Kontaminationen des Trinkwassers mit chemischen oder mikrobiologischen Substanzen kommen. Chemische Kontaminationen stehen häufig im Zusammenhang mit Einträgen aus der Industrie und Landwirtschaft (z.B. Pestizide, Nitrat) oder mit Unfällen (z.B. von Gefahrguttransportern oder in Industrieanlagen) (Gray 2008).

Mikrobiologische Trinkwasserkontaminationen sind dagegen häufig auf Abweichungen vom Normalbetrieb durch ungewöhnliche Witterungen (Trockenheit, Starkniederschläge, Frost) oder durch Unfälle und Katastrophen (wie z.B. Hochwasser) zurückzuführen. Schadstoffe können aufgrund dieser Ereignisse in die Rohwasserressource eingetragen werden (z.B. durch überflutete Abwasseranlagen oder Weiderückstände) und es kann aufgrund einer veränderten Rohwasserqualität oder durch zusätzliche technische ereignisbedingte Probleme zu einer negativen Beeinflussung des Aufbereitungsprozesses kommen. Pathogene Mikroorganismen können aber auch längere Zeit im Boden persistieren und erst nach Zusickerung von Oberflächenwasser – z.B. nach Starkniederschlagsereignissen durch Regenwasser – in das Grundwasser oder über Leckagen direkt in das Leitungsnetz gelangen (Exner et al. 2005, Hruday & Hruday 2004, Hunter et al. 2003a, Kistemann et al. 2002, Percival et al. 2004, Pond et al. 2004; siehe auch Curriero et al. 2001, Kistemann 1997, Sellman und Hamilton 2007, Thomas et al. 2006).¹⁵

Sensibel kann die Trinkwasserherstellung auf hochwasserbedingte Stoßbelastungen der Rohwasserressource reagieren. Hierdurch sind sowohl Oberflächenwasser als auch aus Uferfiltrat gewonnenes Grundwasser sowie flussnahes Grundwasser gefährdet, die durch das Flutwasser durch direkten Kontakt, Infiltrationen oder die Bodenpassage beeinflusst werden können. Nachweise von Trinkwasserkontaminationen liegen unter anderem vor für mehrere Rheinhochwasser, das Oderhochwasser 1997, das Auguthochwasser 2002 sowie zwei nicht näher spezifizierte Hochwasser zwischen dem 1. Januar 2005 und dem 31. Dezember 2007 in Deutschland (Bundesministerium für Gesundheit & UBA 2008, Wricke et al. 2003, Wricke 2004, Habersack & Moser 2003, Perfler et al. 2006, siehe auch Sontheimer 1991).

Der genaue Mechanismus des Eintrags von chemischen Stoffen und Mikroorganismen aus dem Fließgewässer in ein nahe gelegenes Wasserwerk während eines extremen Hochwasserereignisses wird derzeit im „RIMAX-Verbundprojekt HoT“ untersucht, das zur Abschätzung des Nutzungskonfliktes zwischen Retentionsräumen und Wasserschutz zonen etabliert wurde (Maier et al. 2005).

Eine wichtige Kontaminationsquelle des aufbereiteten Trinkwassers stellen Risse oder Löcher in der Wasserleitung oder Instandsetzungsarbeiten am Trinkwassernetz dar. Durch einen störungs- oder arbeitsbedingt reduzierten Wasserdruck kann an diesen Stellen Schmutzwasser in die Wasserleitung eindringen. Bei Naturkatastrophen wie Hochwasserereignissen, bei denen

¹⁵ Wasserbürtige Ausbrüche in der Folge von Starkniederschlagsperioden: *E. coli* O157:H7-Enteritis- und *Campylobacteriose*-Epidemie in Walkerton, Ontario, Kanada 2000 (Auld et al. 2004), *Kryptosporidiose*-Epidemie in Milwaukee 1993 (Mac Kenzie et al. 1994).

das Trinkwassernetz beschädigt wird und schadhafte Stellen ausgebessert oder überbrückt werden müssen, können so auch pathogene Keime in das Versorgungsnetz eindringen. Nygård et al. (2007) ermittelten in einer diesbezüglichen Kohortenstudie ein Relatives Risiko (RR) von 1,58 (KI 1,1-2,3) für einen Zusammenhang zwischen Störungen im Leitungsnetz bzw. Instandsetzungsarbeiten und Durchfallerkrankungen gemessen am Konsum von mindestens einem Glas Leitungswasser pro Tag (Nygård et al. 2007).

2.2.4 Parameter zur Überwachung der Trinkwasserqualität

Aufgrund möglicher Trinkwasserkontaminationen muss Trinkwasser, um eine Gesundheitsgefährdung für die Bevölkerung auszuschließen, nach § 7 TrinkwV regelmäßig auf schädigende Substanzen untersucht werden. Dies erfolgt mithilfe von Indikatorparametern und sonstigen chemischen und mikrobiologischen Parametern, deren Grenzwerte einzuhalten sind.

Als chemische Indikatorparameter gemäß § 7 in Verbindung mit Anlage 3 TrinkwV dienen Ammonium, Chlorid, Eisen, Mangan, Natrium, Sulfat und Tritium, von denen Sulfat und Chlorid auf eine erhöhte Korrosivität hinweisen und Tritium ein Anzeiger für Radioaktivität ist. Als mikrobiologische Indikatorparameter gelten die Koloniezahlen bei 22°C und bei 36°C sowie *Clostridium perfringens*, das nur bestimmt werden braucht, wenn das Trinkwasser von Oberflächenwasser stammt oder von diesem beeinflusst wird, da es Hinweise auf Mikroorganismen wie *Cryptosporidium parvum* geben kann (vgl. auch Schoop 2009 zur Aufnahme von coliformen Bakterien in den Katalog der Indikatorparameter im Rahmen der Novelle der TrinkwV). Zu den Indikatorparametern gehören auch physikalische Eigenschaften des Wassers wie z.B. elektrische Leitfähigkeit, Färbung, Geschmack, Geruch und Trübung.

Die Liste der chemischen Parameter nach § 6 Abs. 2 in Verbindung mit Anlage 2 Teile I und II TrinkwV bezieht sich zum einen auf solche, deren Konzentrationen sich im Verteilungsnetz nicht mehr erhöhen können und zum anderen auf solche, deren Konzentrationen im Verteilungsnetz ansteigen können. Durch Umweltfaktoren bedingt und somit zur ersten Gruppe gehörig sind unter anderem Nitrat, Fluorid sowie Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte. Durch die Aufbereitung sowie Materialien im Leitungsnetz beeinflusst sein können dagegen unter anderem die Parameter Blei, Kupfer, Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Trihalogenmethane (THM), die zur zweiten Gruppe zu zählen sind.

Zu den routinemäßig erhobenen mikrobiologischen Parametern im Sinne des § 5 Abs. 2 und 3 in Verbindung mit Anlage 1 TrinkwV zählen *Escherichia coli* (*E. coli*), coliforme Bakterien und die Koloniezahlen bei 22°C und 36°C, sowie Enterokokken und *Pseudomonas aeruginosa*.

sa als Zeiger für die Bildung von Biofilmen in Wasserleitungen (Mendel & Castell-Exner 2001).

Während die chemischen Parameter nur eine toxikologische Relevanz haben und eine Überschreitung der Grenzwerte in der Regel nicht zu akuten gesundheitlichen Beeinträchtigungen des Konsumenten führt – von schweren Kontaminationen aufgrund von Unfällen abgesehen – werden die mikrobiologischen Parameter verwendet, um zu vermeiden, dass Krankheiten mit möglicherweise schweren bis tödlichen Verläufen auf eine große Bevölkerungsgruppe übertragen werden (Mendel & Castell-Exner 2001). Die mikrobiologischen Parameter werden daher in den folgenden Absätzen genauer betrachtet.

E. coli kommen im Darm von Menschen und Warmblütern vor. Die coliforme Bakterienflora der Darmausscheidungen besteht zu 95% aus *E. coli*. Ein Nachweis von *E. coli* im Trinkwasser ist ein direkter Hinweis auf fäkale Kontaminationen und impliziert eine konkrete Gesundheitsgefahr für den Verbraucher. Beim Nachweis sind daher sofortige Maßnahmen notwendig und Grenzwertüberschreitungen dürfen nicht toleriert werden (§ 9 TrinkwV, Feuerpfeil & Szewzyk 2003).

Zur Gruppe der coliformen Bakterien gehören Fäkalcoliforme sowie Umweltcoliforme. Fäkalcoliforme sind Bakterien, die normalerweise im Darm von Menschen und Säugetieren und in der Folge in deren Faeces vorkommen. In der Regel sind sie harmlos, aber sie können auf das Vorhandensein von Krankheitserregern im untersuchten Medium hinweisen. Umweltcoliforme kommen dagegen *auch* in der Umwelt vor. Die Feststellung von Umweltcoliformen deutet daher nicht direkt auf das Vorhandensein von Krankheitserregern hin (Feuerpfeil et al. 2007, Schoenen et al. 2008). Ein positiver Befund ist jedoch abzuklären, da coliforme Bakterien Mängel in der Aufbereitung und im Verteilungsnetz anzeigen können (Bartel et al. 2007, Feuerpfeil & Szewzyk 2003). Die Trinkwasser-Grenzwerte für *E. coli* und coliforme Bakterien liegen bei 0/100 mL (§ 5 Abs. 2 in Verbindung mit Anlage 1, Teil 1 Nr. 1 und 3 TrinkwV).

Während die Koloniezahlbestimmung bei 22°C eher auf das Vorkommen autochthoner Mikroorganismen im Wasser hinweist, werden bei der Bestimmung bei 36°C solche Mikroorganismen erfasst, die fakultativ-pathogene Eigenschaften besitzen (Exner et al. 2005). Vor allem in Oberflächengewässern können hohe Koloniezahlen auftreten, die hygienisch relevante Veränderungen der Trinkwasserflora anzeigen. Hierzu gehören Undichtigkeiten von Brunnen und Zuläufe von Regenwasser. Die Koloniezahl kann auch bei Rohrbrüchen oder bei Arbeiten am Leitungsnetz ein empfindlicher Indikator für mikrobiologische Risiken sein (Carlson 2002, vgl. auch Nygård et al. 2007).

Die Koloniezahl bei 22°C darf am Zapfhahn des Verbrauchers 100 Koloniebildende Einheiten pro Milliliter (KBE/mL) nicht überschreiten. Im Wasserversorgungsunternehmen dürfen dagegen 1.000 KBE/mL vorkommen, aber nur 20 KBE/mL direkt nach Abschluss der Aufbereitung. Für die Koloniezahl bei 36°C gilt überall ein Grenzwert von 100 KBE/mL (§ 5 Abs. 2 in Verbindung mit Anlage 3 Nr. 9 und 10 TrinkwV).

Enterokokken haben gegenüber *E. coli* und coliformen Bakterien eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegenüber der Desinfektion mit Chlor, und können deshalb bei einer schlechten Rohwasserqualität als zusätzliche Parameter untersucht werden (Carlson 2002). Der Grenzwert für Enterokokken liegt bei 0/100 mL (§ 5 Abs. 2 in Verbindung mit Anlage 1, Teil 1 TrinkwV).

Die oben genannten Indikatorparameter zeigen fäkal ausgeschiedene Krankheitserreger an. Es gibt jedoch Ausnahmen. Einige Mikroorganismen fäkaler Herkunft wie z.B. *Campylobacter spp.*, *Yersinia spp.*, *Giardia lamblia* und *Cryptosporidium parvum* werden durch das Indikatorprinzip nicht bzw. nicht sicher indiziert. Zu beachten ist, dass vor allem Viren und Parasiten häufig eine höhere Desinfektionsmittelresistenz bzw. Persistenz und Tenazität als die Indikatoren selbst haben. Ein fehlender Nachweis der Indikatoren bedeutet daher nicht sicher das Fehlen dieser wasserbürtigen Krankheitserreger (Bouzid et al. 2008, Carlson 2002, Exner et al. 2005, Exner et al. 2001, Leclerc et al. 2002; siehe auch Tabelle 5).

2.2.5 Trinkwasserdesinfektion

Liegen mikrobiologische oder chemische Beanstandungen des Trinkwassers vor, entscheidet gemäß § 9 TrinkwV das Gesundheitsamt darüber, ob aufgrund der Beanstandungen gesundheitliche Gefährdungen der Verbraucher zu erwarten sind. Unter Abwägung gesundheitlicher Risiken werden entweder Schutzmaßnahmen wie z.B. eine Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration oder Abkochgebote angeordnet oder es wird eine Unterbrechung der Wasserversorgung veranlasst.

Die Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration hat das Ziel, dass potentiell im Trinkwasser vorhandene Krankheitserreger eliminiert werden oder zumindest ihre pathogenen Eigenschaften verlieren. Sie wird vornehmlich im Wasserwerk sowie auch an Hochbehältern und Übergabepunkten vorgenommen und erreicht alle Teile der mit diesem Wasser versorgten Bevölkerung. Wie in Kapitel 2.3.1 beschrieben, haben viele Viren und Parasiten eine hohe Resistenz gegenüber den meisten Desinfektionsmitteln (Exner et al. 2005, Leclerc et al. 2002, WHO 2008). Auch das Vorliegen einer erhöhten Trübung im Rohwasser, wie sie z.B. für das

Augusthochwasser beschrieben wurde (vgl. Wricke 2004 und Wricke et al. 2003), schränkt die Wirksamkeit von Desinfektionsmitteln ein.

Das Abkochgebot dagegen ist die einfachste Art, um kleine Mengen Wasser zu desinfizieren. Pathogene Organismen wie Bakterien, Parasiten und Viren sind inaktiviert, wenn das Wasser mindestens drei Minuten gekocht hat (Exner et al. 2005, Robert Koch-Institut (RKI) 2003b). In verschiedenen Studien wird angenommen, dass dieses Verfahren für Personengruppen mit speziellen Risiken, wie z.B. in Krankenhäusern oder ähnlichen Einrichtungen, zur Trinkwasserdesinfektion geeignet ist. Seine Effektivität für die Anwendung in der Gesamtbevölkerung wird jedoch angezweifelt, da es nur von einem Teil der exponierten Bevölkerung befolgt wird (Bissell 1983, Hunter et al. 2003a, Nygård et al. 2007, Tunstall 2007, Willocks et al. 2000).¹⁶ Schwierig wird das Abkochen des Trinkwassers zudem dann, wenn Strom, Gas oder trockenes Holz nicht verfügbar sind (Das et al. 2005).

Liegen hochwasserbedingte Belastungen des Trinkwassers mit Krankheitserregern vor, und werden diese nicht oder nicht rechtzeitig erkannt oder greifen Präventionsmaßnahmen wie eine Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration oder ein Abkochgebot nicht ausreichend, dann kann dies bei Vorliegen der erforderlichen Infektionsdosis in einer hierfür suszeptiblen Bevölkerung zu Erkrankungen führen. Dies gilt insbesondere für Angehörige vulnerabler Bevölkerungsgruppen wie Kleinkinder, Personen in höherem Lebensalter, Schwangere und immunsupprimierte Personen (siehe z.B. Leclerc et al. 2002, Naumova et al. 2003, Reynolds et al. 2008, Theron & Cloete 2002).

2.3 Wasserbürtige und hygieneabhängige Infektionskrankheiten

Wie in Tabelle 4 dargelegt, gibt es nach Bradley (1977) vier Gruppen wasserbedingter Infektionen, und zwar wasserbürtige über das Trinken verunreinigten Wassers, hygieneabhängige aufgrund von Wassermangel sowie wasserbasierte und wasserumgebende durch im und am Wasser lebende Tiere (vgl. auch Kapitel 1). Bezogen auf die Vulnerabilität der Wasserversorgung gegenüber Hochwasser in Deutschland sind von diesen insbesondere die wasserbürtigen

¹⁶ In einer Studie von Willocks et al. (2000) befolgten 84% von 2000 Krankenhausangestellten das Abkochgebot, aber 20% wuschen Salat mit nicht abgekochtem Trinkwasser und 57% benutzten dieses Wasser zum Zähneputzen. Tunstall (2007) berichteten dagegen von nur 10% der 408 Studienteilnehmer, die ihr Wasser abkochten, bis es als sicher erklärt wurde.

Infektionen aufgrund von Trinkwasserkontaminationen, aber auch die hygieneabhängigen gastrointestinalen Infektionen aufgrund von Ausfällen der Wasserversorgung relevant.¹⁷

Tabelle 4: Einteilung der wasserbezogenen Infektionen

Quelle: Erstellt nach Bradley (1977).

Wasserbezogene Infektionen (water-related infections)	Charakteristika	Beispielkrankungen
Wasserbürtige Infektionen (water-borne infections)	Übertragung durch die orale Aufnahme von kontaminiertem Trinkwasser oder von Lebensmitteln, die mit kontaminiertem Trinkwasser zubereitet wurden	Cholera und Typhus
Hygieneabhängige Infektionen (water-washed infections)	Wassermangel als Übertragungsursache	A: Augen- und Hautinfektionen: Trachome, Scabies B: Gastroenteritiden: Shigellosen, Kryptosporidiosen und Giardiasen
Wasserbasierte Infektionen (water-based infections)	Wasser ist Biotop der Vektoren (z.B. Würmer)	Dracunculiasis und Schistosomiasis
Wasserumgebende Infektionen (infections with water-related insect vectors)	Übertragung durch Insekten, die im oder am Wasser ihren Lebenszyklus durchlaufen (brüten)	Malaria-Mücken und die die Schlafkrankheit übertragende Tse-Tse-Fliege als Auslöser der Erkrankung

Hygieneabhängige Infektionskrankheiten werden im Gegensatz zu den anderen wasserbedingten Erkrankungen nicht durch Wasser bzw. durch im oder am Wasser lebende Tiere übertragen, sondern sind auf eine unzureichende Trinkwasserquantität und damit zusammenhängende Hygienedefizite zurückzuführen. Im Englischen werden sie daher als „water-washed diseases“ bezeichnet, da ihre Erreger bei ausreichender Wasserverfügbarkeit mit Wasser „abwaschbar“ wären (WHO 2008).

Wasserbürtige Krankheiten sind solche, die durch die Aufnahme kontaminierten Wassers übertragen werden, wobei Wasser die Rolle eines Vehikels für das infektiöse Agens übernimmt (Leclerc et al. 2002). Zu den wasserbürtigen Erkrankungen gehören auch solche, die durch Lebensmittel übertragen werden, das mit kontaminiertem Wasser zubereitet ist (Hunter et al. 2003a). Eine Sonderform der wasserbürtigen Erkrankungen stellen Leptospirosen¹⁸ dar, deren Erreger sich in Gewässern befinden und über die Haut aufgenommen werden. Obwohl Leptospirosen oft gehäuft während und nach Hochwasserereignissen auftreten, wie beispiels-

¹⁷ Eine Gefahr für das Auftreten wasserumgebender Infektionen wie z.B. der Malaria über eingeschleppte Anopheles-Mücken war während des Augusthochwassers 2002 gegeben, aber nach Infektionsepidemiologischem Jahrbuch 2002 des RKI wurde keine der im Jahr 2002 registrierten Malaria-Infektionen, für die eine Angabe zum Infektionsort vorlag, in Europa erworben (RKI 2003a).

¹⁸ Leptospirose wird durch die Bakteriengattung *Leptospira* ausgelöst, deren natürliche Wirte neben Ratten und Mäusen weitere Haus-, Nutz- und Wildtiere sind. Die Übertragung auf den Menschen erfolgt hauptsächlich durch den direkten oder mittelbaren Kontakt mit dem Urin infizierter Tiere, in seltenen Fällen auch durch kontaminiertes Blut oder Gewebe. Der Krankheitsverlauf kann unspezifisch bzw. grippeähnlich sein oder aber zu schweren Komplikationen führen (RKI 2009a).

weise ein Ausbruch¹⁹ bei Katastrophen Helfern in der Tschechischen Republik während des Oderhochwassers 1997 gezeigt hat (Kriz et al. 1998), werden sie in der vorliegenden Studie nicht weiter berücksichtigt, da sie in der Regel nicht mit der Wasserversorgung assoziiert sind²⁰.

Die wissenschaftliche Abgrenzung zwischen hygieneabhängigen und wasserbürtigen Infektionen ist nicht einheitlich und verschiedene Autoren wie z.B. Tebbutt 1998 oder Heinmüller 2001 beschreiben eine Zusammenführung in einer Gruppe der „fäko-oralen Infektionen“. Dies bezieht sich auf die fäkal-oral übertragenen Gastroenteritiden der hygieneabhängigen Infektionen (Tabelle 4: Beispielerkrankung „B“), deren Krankheitserreger weitgehend den wasserbürtigen Infektionen entsprechen. Die übrigen durch hygieneabhängige Infektionen ausgelösten Erkrankungen sind Augen- und Hautinfektionen, die jedoch nicht fäkal-oral, sondern über den direkten Kontakt von Mensch zu Mensch durch Berühren oder durch Tiere wie Läuse oder Milben übertragen werden (WHO 2008; Tabelle 4: Beispielerkrankung „A“).

Die häufigsten hierdurch ausgelösten Krankheiten (z.B. Trachome, durch das Bakterium *Chlamydia trachomatis* ausgelöste infektiöse Bindehautentzündungen, oder Scabies (Krätze), die durch die Milbenart *Sarcoptes scabiei* übertragen wird) sind in Deutschland jedoch nicht meldepflichtig²¹ und von dem durch Läuse übertragenen Fleckfieber, einer fieberhaften Erkrankung mit Hautausschlag, wurde dem RKI im Jahr 2002 kein einziger Fall gemeldet (RKI 2003a). Daher wird im Folgenden nicht näher auf die hygieneabhängig übertragenen Augen- und Hautinfektionen eingegangen.

Folglich scheint es in der vorliegenden Studie legitim, die Gastroenteritiden der hygieneabhängigen Infektionskrankheiten sowie die wasserbürtigen Infektionskrankheiten zusammenzufassen und sie als „Infektionskrankheiten, die auch wasserbürtig bzw. hygieneabhängig sein können“, bzw. in der Kurzform als „potentiell wasserbürtige bzw. hygieneabhängige Infektionskrankheiten“ zu bezeichnen.

¹⁹ Ausbruch: Ansammlung von Fällen, bei der Gründe für die Feststellung eines epidemiologischen Zusammenhangs vorliegen (RKI 2003a).

²⁰ Leptospiren werden nur selten durch die orale Aufnahme kontaminierten Trinkwassers übertragen (vgl. z.B. Cacciapuoti et al. 1987).

²¹ Meldepflichtig ist nach § 7 Abs. 1 Nr. 6 IfSG *Chlamydia psittaci*, nicht jedoch die das Trachom auslösende Bakterienart *Chlamydia trachomatis*; Scabies (Krätze) ist nicht meldepflichtig, aber nach § 34 Abs. 1 Nr. 15 IfSG besteht ein Verbot der Ausübung von Tätigkeiten und der Betreuung in Gemeinschaftseinrichtungen.

2.3.1 Erreger

Die fäkal-oral übertragbaren Gastroenteritiden der hygieneabhängigen Infektionskrankheiten werden besonders häufig durch die Erreger *Shigella spp.*, *Cryptosporidium parvum* und *Giardia lamblia*, aber auch durch andere wasserbürtige Erreger übertragen, deren Eigenschaften in Tabelle 5 dargestellt sind (Moe 2004, RKI 2009a, WHO 2008).

Eine Übersicht über typische wasserbürtige Krankheitserreger und ihre Public Health-Relevanz in der Wasserversorgung enthalten die Drinking Water Guidelines der WHO (2008). Die Liste umfasst ein weltweit vorkommendes Spektrum an Erregern, und am häufigsten werden Cholera- und Typhus-Erreger über das Trinkwasser übertragen (vgl. Tabelle 4).

Von den nach der WHO (2008) als wasserbürtig eingestuften Erregern kommt ein Großteil auch in Deutschland vor und ist nach den §§ 6 und 7 IfSG meldepflichtig. Zu diesen gehören *Campylobacter jejuni* und *C. coli*, pathogene *E. coli*-Stämme (inkl. EHEC)²², *Legionella spp.*, *Salmonella spp.* (inkl. *S. typhi*), *Shigella spp.*, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica*, Adenoviren, Enteroviren, Hepatitis A- und Hepatitis E-Viren, Noroviren, Rotaviren, *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum* und *Toxoplasma gondii*.

Von diesen Erregern treten die Enteroviren, aus deren Gattung allein die Polioviren nach IfSG meldepflichtig sind, die Hepatitis E-Viren, *Salmonella typhi* und *Vibrio cholerae* in Deutschland sehr selten auf.²³ Legionellen sind charakteristisch für Biofilme trinkwasserführender Systeme der Hausinstallation, Adenoviren werden nach IfSG nur erfasst, wenn sie im Konjunktivalabstrich des Auges nachgewiesen werden, und bei den Erregern der Toxoplasmose werden nur die konnatalen Infektionen im Meldesystem erfasst (RKI 2007b).

Charakteristika der übrigen wasserbürtigen und meldepflichtigen Erreger, die nach Drinking Water Guidelines der WHO (2008) bezogen auf Gesundheitsauswirkungen und ihr Ausbruchverhalten alle – bis auf die Yersiniosen mit mäßiger Public Health-Relevanz – eine hohe Public Health-Relevanz aufweisen, sind in Tabelle 5 dargestellt.

²² Die Gruppe der pathogenen *Escherichia coli*- (*E. coli*-) Stämme umfasst Enteroaggregative *E. coli* (EAEC), Enterohämorrhagische *E. coli* (EHEC), Enteroinvasive *E. coli* (EIEC), Enteropathogene *E. coli* (EPEC) und Enterotoxinbildende *E. coli* (ETEC). EHEC kann im Gegensatz zu den anderen Pathovaren zur Ausprägung eines enteropathischen hämolytisch-urämischen Syndroms (HUS) führen, einer schweren Komplikation, die zum Zerfall von roten Blutkörperchen, Gerinnungsstörungen und akutem Nierenversagen mit Todesfolge führen kann und die seit 2003 als eigenständige meldepflichtige Erkrankung erfasst wird (§ 6 Abs. 1 Nr. 1f IfSG, RKI 2005; vgl. Tabelle 6).

²³ Gemeldete Fälle im Jahr 2002 in Deutschland: 17 Hepatitis E-Erkrankungen, 58 Fälle von *Typhus abdominalis* und kein Cholera- und Poliomyelitis-Fall (RKI 2003a).

Tabelle 5: Ökologische Charakteristika wasserbürtiger Krankheitserreger

Quelle: Modifiziert nach WHO 2008.

Krankheitserreger	Überlebensfähigkeit im Wasser ^a	Chlorresistenz ^b	Relative Infektiosität ^c	Tiere als wichtiges Erregerreservoir
Bakterien				
<i>Campylobacter jejuni, C. coli</i>	Mäßig	Gering	Mäßig	Ja
<i>Escherichia coli</i> (ohne EHEC)	Mäßig	Gering	Gering	Ja
EHEC	Mäßig	Gering	Hoch	Ja
<i>Salmonella spp.</i> (ohne <i>S. typhi</i>)	Vermehrungsfähig	Gering	Gering	Ja
<i>Shigella spp.</i>	Kurz	Gering	Hoch	Nein
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Lange	Gering	Gering	Ja
Viren				
Hepatitis A	Lange	Mäßig	Hoch	Nein
Noroviren	Lange	Mäßig	Hoch	Möglich
Rotaviren	Lange	Mäßig	Hoch	Nein
Parasiten				
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Lange	Hoch	Hoch	Ja
<i>Giardia lamblia</i>	Mäßig	Hoch	Hoch	Ja

- Überlebensfähigkeit in 20°C warmem Wasser; kurz: bis zu einer Woche, mäßig: eine Woche bis zu einem Monat, lange: mehr als einen Monat
- Resistenz gegenüber üblichen Chlordosen und Kontaktzeiten; gering heißt eine 99% Inaktivierung bei 20°C in < 1 Minute, mäßig in 1-30 Minuten und hoch in > 30 Minuten
- Angaben basieren auf Experimenten mit Freiwilligen und den Ergebnissen epidemiologischer Studien. Eine hohe Infektiosität bedeutet, dass 1-10² Organismen oder Partikel eine Infektion auslösen können, mäßig 10² bis 10⁴ und gering > 10⁴ Organismen oder Partikel

In dieser Tabelle sind wesentliche Unterschiede zwischen Bakterien, Viren und Parasiten in den Angaben zur Überlebensfähigkeit und zur Chlorresistenz zu erkennen (Tabelle 5). Während die Mehrzahl der Bakterien dazu tendiert eine eher moderate Überlebensfähigkeit im Trinkwasser aufzuweisen, die mit einer geringen Chlorresistenz einhergeht, ist sowohl bei den Viren als auch bei den durch Parasiten übertragenen Kryptosporidiosen eine lange Überlebensfähigkeit zu erkennen. Diese ist bei den Viren an eine moderate Chlorresistenz gekoppelt und bei den Parasiten besteht sogar eine hohe Resistenz gegenüber diesem Desinfektionsmittel.

In der Literatur wird davon ausgegangen, dass Giardien, Kryptosporidien und Noroviren weltweit im Trinkwasser vorkommen und aufgrund ihrer hohen Umweltpersistenz und Chlorresistenz die häufigste Ursache wasserbürtiger Erkrankungen darstellen (Gornik et al. 2001, Leclerc et al. 2002, Maunula et al. 2005).

2.3.2 Übertragungswege

Die Übertragung von Infektionskrankheiten umfasst alle Vorgänge, durch die infektiöse Erreger einen neuen Wirt erreichen. Infektionskrankheiten können direkt oder indirekt übertragen

werden. Bei einer direkten Übertragung erreicht ein Erreger unmittelbar von einem infizierten Menschen oder Tier einen anderen Menschen oder ein anderes Tier (z.B. durch Berühren, Einatmen infektiöser Tröpfchen oder einen Biss). Einen wesentlichen Faktor stellt hierbei die fäkal-orale Übertragung dar, bei der fäkal ausgeschiedene Erreger meist über die Hände zur oralen Aufnahme gelangen. Bei der indirekten Übertragung vermitteln dagegen Übertragungsfaktoren zwischen einem Erregerreservoir und dem Wirt. Vehikel können hier z.B. Trinkwasser, Lebensmittel, die Luft und Gegenstände sein, die zeitweilig mit einem Erreger kontaminiert sind. Auch Vektoren wie Fliegen oder Mücken können Erreger indirekt übertragen (Suttorp et al. 2004).

Der Ursprung der hygieneabhängigen Gastroenteritiden sowie auch der wasserbürtigen Infektionskrankheiten ist in beiden Fällen fäkal und die Aufnahme oral, aber bei den wasserbürtigen Infektionskrankheiten wird der Erreger nicht direkt, sondern über das Vehikel Trinkwasser übertragen (vgl. Kapitel 2.3).

Von den in Tabelle 5 gelisteten Krankheitserregern stellen Tiere für alle Parasiten und Bakterien bis auf die Shigellen ein wichtiges Erregerreservoir für Infektionen beim Menschen dar. In der Gruppe der Viren besteht diese Möglichkeit nur bei den Noroviren. Rota- und Noroviren können zudem, anders als die anderen Erreger, auch aerogen übertragen werden. Möglich ist auch die Kombination verschiedener Übertragungswege, wie z.B. Erstinfektionen über Trinkwasser, denen Sekundärinfektionen durch eine fäkal-orale Übertragung z.B. aufgrund von Hygienedefiziten folgen (MacKenzie et al. 1995, RKI 2009a, Suttorp et al. 2004, WHO 2008).

Speziell während eines Hochwasserereignisses sind verschiedene Übertragungswege für Krankheitserreger gegeben (vgl. Abbildung 3): Die Aufnahme von Erregern kann oral (z.B. über Flutwasser, Trinkwasser oder Lebensmittel), über die Atemwegsorgane (z.B. über Spritzwasser oder Staub des getrockneten Hochwasserschlamms), über den direkten Kontakt von Mensch zu Mensch (vor allem in Massenunterkünften) oder von Tieren zum Mensch (z.B. Tierkadaver) oder über die Haut (z.B. Hochwasserschlamm oder Flutwasser) erfolgen (Bigl et al. 2003, Patz et al. 2000, Watson 2007). Hochwasserbedingte Schäden oder Ausfälle von Wasserversorgungssystemen und der Abwasserentsorgung können zum einen aufgrund von Trinkwasserkontaminationen zu Infektionen führen, aber zum anderen auch dadurch, dass die Durchführung von Hygienemaßnahmen wie Händewaschen erschwert ist.

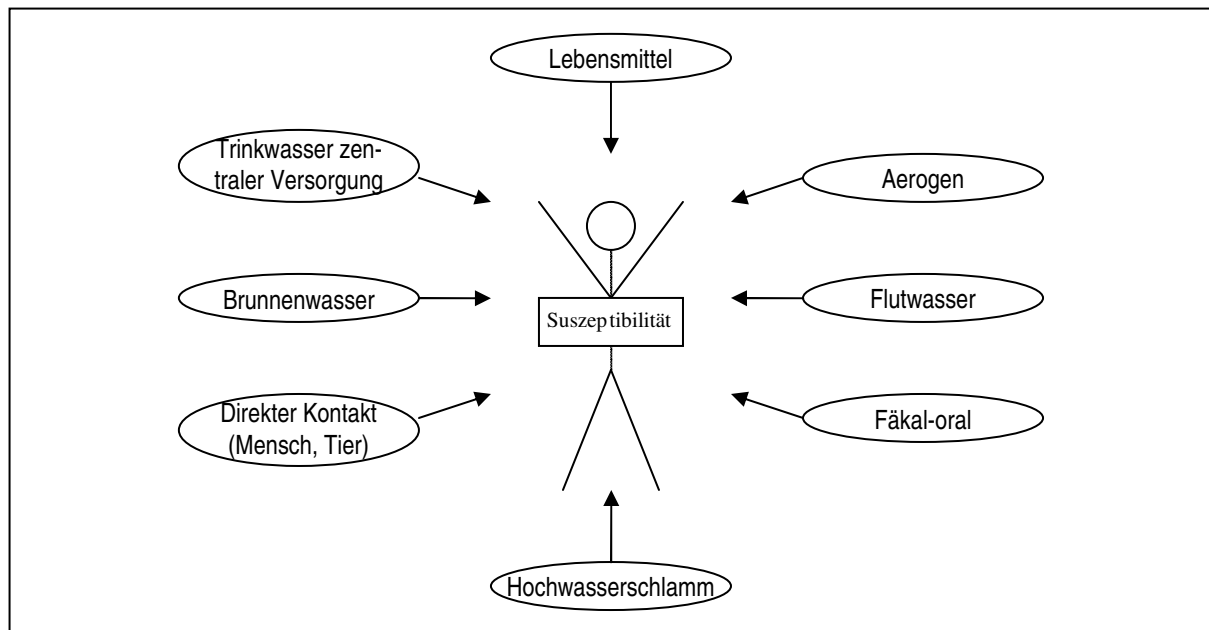


Abbildung 3: Übertragungswege für Krankheitserreger während eines Hochwasserereignisses

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Der Übertragungsweg über das Trinkwasser der öffentlichen Wasserversorgung²⁴ stellt für einen relativ großen Bevölkerungsanteil ein Risiko dar und nicht nur für direkt Hochwassergeschädigte, aktive Fluthelfer und Personen, die sich an Aufräumarbeiten beteiligen (siehe z.B. Schmid et al. 2005). Vor allem Personen, die zu vulnerablen Bevölkerungsgruppen gehören, sind gegenüber einer Exposition mit mikrobiell belastetem Trinkwasser besonders gefährdet, da ihre Suszeptibilität für Krankheitserreger erhöht ist (vgl. Kapitel 2.2.5).

2.3.3 Pathogenese

Hat eine Kontamination des Trinkwassers mit Krankheitserregern stattgefunden oder bestehen Hygienedefizite aufgrund von Wassermangel, dann sind Infektionen möglich, die symptomatisch oder asymptomatisch verlaufen können (Leclerc et al. 2002, vgl. Kapitel 2.2.3).

Das Trinken verunreinigten Wassers oder die orale Aufnahme fäkaler Krankheitserreger muss jedoch nicht zwangsläufig dazu führen, dass eine Krankheit ausgelöst wird. Dies ist vor allem bei Bakterien der Fall, wenn eine hierfür erforderliche Infektionsdosis durch Verdünnungseffekte des Wassers nicht erreicht wird. Hinzu kommen Faktoren wie die Suszeptibilität gegenüber dem jeweiligen Krankheitserreger bzw. die Widerstandsfähigkeit, Krankheitserreger

²⁴ Trinkwasser aus Eigen- und Einzelversorgungsanlagen ist zwar während eines Hochwassers besonders anfällig für Kontaminationen (Schnitzler et al. 2007). Dies betrifft jedoch jeweils nur einzelne oder wenige benachbarte Haushalte bzw. Unternehmen.

abwehren zu können. Gesunde erwachsene Menschen verfügen in der Regel über ausreichende Abwehrkräfte, um hohe Mengen an Mikroorganismen zu eliminieren. Für Säuglinge und Kleinkinder sowie alte, kranke und immunsupprimierte Personen trifft dies jedoch nicht uneingeschränkt zu. Hier können bereits wenige Mikroorganismen entsprechende Erkrankungen auslösen (Carlson 2002, Theron & Cloete 2002, vgl. Tabelle 6).

Die größte Gefahr für die Auslösung einer wasserbürtigen Infektionserkrankung besteht für die Gruppe der Bakterien dann, wenn mit Krankheitserregern kontaminiertes Trinkwasser zur Zubereitung leicht verderblicher Speisen genutzt wird oder mit ihnen in Berührung kommt, so dass die Erreger die Möglichkeit haben, sich zu vermehren. Werden diese Speisen verzehrt, besteht ein wesentlich höheres Risiko, dass eine Erkrankung ausgelöst wird, als durch den Konsum des kontaminierten Wassers allein (Carlson 2002, siehe z.B. auch Lim et al. 2005).

Zur Auslösung von Viruserkrankungen reicht dagegen bereits eine niedrige Infektionsdosis (vgl. Tabelle 5). Im Gegensatz zu Bakterien können sich Viren außerhalb eines Wirtsorganismus (Mensch oder Tier) nicht vermehren (Carlson 2002). Werden sie in hoher Konzentration über mehrere Tage mit dem Stuhl ausgeschieden, können sie in häuslichen Abwässern, in Oberflächenwasser und in behandeltem Trinkwasser nachgewiesen werden. Zudem neigen Viren dazu, aneinander oder an Feststoffen zu größeren Aggregaten zu adsorbieren, wodurch sie – vor schädlichen Umwelteinflüssen besser geschützt als isolierte Partikel – über Wochen und Monate überleben können. Austrocknung, UV-Licht und höhere Temperaturen eliminieren Viren dagegen schnell (Botzenhart 2007).

Auch Erkrankungen durch Parasiten können durch die Aufnahme von wenigen Zysten bzw. Oozysten verursacht werden. Es wird davon ausgegangen, dass weniger als zehn Kryptosporidien-Oozysten oder Giardien-Zysten ausreichen, um zu einer Infektion zu führen. Die Zysten bzw. Oozysten beider Parasitengattungen besitzen aufgrund ihrer äußeren Hülle in diesem Entwicklungsstadium nicht nur eine sehr hohe Tenazität, wodurch sie im wässrigen Milieu über mehrere Monate überlebensfähig sind, sondern zudem auch eine sehr hohe Chlorresistenz (Carlson 2002, Exner et al. 2001; vgl. Tabelle 5).

2.3.4 Klinik und Prävention

Durch die in Tabelle 5 genannten wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Krankheitserreger können Erkrankungen ausgelöst werden, die mit ihren jeweiligen klinischen Verläufen und epidemiologischen Besonderheiten in Tabelle 6 und Tabelle 8 dargestellt sind. Bis auf die Shigellosen, Yersiniosen und die Hepatitis A verlaufen alle in Tabelle 6 aufgelisteten Krankheiten selbstlimitierend.

Tabelle 6: Klinische Charakteristika wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten

Quellen: Botzenhart 2007, Carlson 2002, Exner et al. 2001, Forster & Hammerschmidt 2007, Hunter 1997, Koch et al. 2006, RKI 2009a, Suttorp et al. 2004; eigene Darstellung 2009.

Krankheit	Hauptbetroffene	Inkubationszeit	Klinisches Bild	Komplikationen
Campylobacteriose	Kleinkinder, jüngere Erwachsene, Personen in höherem Lebensalter	2-7 Tage	Enteritis mit Diarrhoe, Abdominalschmerzen bzw. -krämpfe, Fieber, Müdigkeit	Reaktive Arthritis, Guillain-Barré-Syndrom
<i>E. coli</i> -Enteritis	Kinder	16 Stunden bis 7 Tage	Enteritis und Kolitis mit Diarrhoe, Erbrechen, Fieber	
EHEC-Enteritis	Kinder	1-5 Tage	Hämorrhagische Colitis, blutige Diarrhoe, Abdominalschmerzen	Enteropathisches hämolytisch-urämisches Syndrom (HUS) v. a. bei Kindern und Personen in höherem Lebensalter
Giardiasis	Kinder, jüngere Erwachsene	3-25 Tage	Mattigkeit, Oberbauchschmerzen, Blähungen, Erbrechen, leichte Diarrhoe; langwierig	Reaktive Arthritis, bleibende Schleimhautschäden
Hepatitis A	Kinder	15-45 Tage	Leitsymptom Ikterus; auch uncharakteristische Beschwerden	Schwerer Verlauf in Altersgruppe der > 50-jährigen, Tod
Kryptosporidiose	Kinder, jüngere Erwachsene	4-12 Tage	Gastroenteritis mit Diarrhoe, Krämpfen, Erbrechen	Schwere chronische oder tödliche Verläufe bei immunsupprimierten Personen (AIDS, Chemotherapie):
Norovirus-Erkrankung	Kleinkinder, Personen in höherem Lebensalter	12-50 Stunden	Gastroenteritis, heftiges Erbrechen, Diarrhoe, Krankheitsgefühl	Chronische Diarrhoe bei immunsupprimierten Personen
Rotavirus-Erkrankung	Kleinkinder	1-3 Tage	Enteritis mit Diarrhoe, Erbrechen	Kleinkinder sind Hauptbetroffene, aber die meisten Fälle werden bei > 65-jährigen labordiagnostisch erfasst, da Krankheitsverläufe schwerer und Hospitalisierungsraten höher sind
Salmonellose	Kinder	5-72 Stunden, max. 7 Tage	Diarrhoe, Unterbauchschmerzen, Fieber, Übelkeit, Erbrechen, Kopfschmerzen	Reaktive Arthritis, systemische Infektion über den Blutkreislauf, v. a. bei Neugeborenen, Personen in höherem Lebensalter und immunsupprimierten Personen
Shigellose	Kinder, jüngere Erwachsene	12-96 Stunden	Shigellenruhr mit blutig-schleimigen Stühlen; Diarrhoe	HUS, Wirkungen am zentralen Nervensystem, postinfektiöse Infektarthritiden, Morbus Reiter
Yersiniose	Kinder	3-7 Tage	Enteritis oder Enterokolitis mit Fieber, Diarrhoe	Reaktive Polyarthritis (Erwachsene), Arthralgien, Morbus Reiter

Komplikationen dieser Erkrankungen können jedoch zu schweren Krankheitsverläufen oder sogar zum Tode führen. Auch wenn Kinder bei allen Erkrankungen zu den Hauptbetroffenengruppen zählen, sind vor allem Personen in höherem Lebensalter am stärksten von Komplikationen betroffen. Nicht zu unterschätzen ist das Risiko für immunsupprimierte Personen, bei denen Infektionen mit Salmonellen, Noroviren und vor allem mit Kryptosporidien zu schwerwiegenden Krankheitsverläufen führen können.

Nur die Hepatitis A gehört von den in Tabelle 6 aufgelisteten Krankheiten zu den impfpräventablen Erkrankungen. Bei allen anderen Erkrankungen liegt ein besonderer Schwerpunkt präventiver Maßnahmen zur Vermeidung ihrer Weiterverbreitung auf der Einhaltung von Hygieneregeln, und hier insbesondere auf der Händehygiene. Das hohe Risiko für ein gehäuftes Auftreten in Gemeinschaftseinrichtungen wie z.B. in Kindergärten und Alten- und Pflegeheimen, kann hierdurch reduziert werden (siehe z.B. Exner et al. 2008, vgl. Tabelle 8). Für die Wasserversorgung ergeben sich die in Kapitel 2.2 genannten Anforderungen, um eine Übertragung auf die Konsumenten zu vermeiden.

2.3.5 Nachweise

Hinweise zum Auftreten von hygieneabhängigen Infektionskrankheiten finden sich insbesondere für Entwicklungsländer, in denen aufgrund von Wassermangel häufiger unzureichende Hygienestandards anzutreffen sind als in Industrieländern, in denen Trinkwasser in der Regel in hoher Qualität ubiquitär verfügbar ist. Mara & Feachem (2003, S. 186) gehen jedoch davon aus, dass es sich bei den hygieneabhängigen Infektionen auch in Europa um ein ignoriertes, aber signifikantes Gesundheitsproblem handelt. Das Auftreten von hygieneabhängigen Infektionskrankheiten in hoch entwickelten Ländern wird nur selten epidemiologisch untersucht, wie z.B. von Letriliart (1997) zum Auftreten von Durchfallerkrankungen in den Wintermonaten in Frankreich im Rahmen einer gematchten Fall-Kontroll-Studie.

In einer Katastrophensituation, in der ein Ausfall der Wasserversorgung vorliegt und eine Minimalversorgung mit Trinkwasser z.B. über Wasserwagen oder Flaschenwasser sichergestellt ist, bzw. in der Evakuierte in Massenunterkünften untergebracht sind, besteht häufiger die Möglichkeit, dass Hygienemaßnahmen, wie z.B. die Händehygiene, nur eingeschränkt wahrgenommen werden können. So war z.B. das Auftreten einer Norovirusepidemie mit etwa 1.000 Erkrankungen im Zuge des Wirbelsturms Katrina in den USA im Jahr 2005 vermutlich auf Hygienedefizite in Massenunterkünften zurückzuführen (Centers for Disease Control and Prevention (CDC) 2006a).

Für die Übertragung von Infektionskrankheiten über das Trinkwasser gibt es aus Industrieländern mehrere Hinweise, obwohl sich der Standard der Wasserversorgung in Industrieländern und somit auch in Deutschland auf einem sehr hohen Niveau befindet, wie in Kapitel 2.2 beschrieben (Tabelle 7). Zu berücksichtigen ist jedoch, dass bei ätiologischen Abklärungen von Krankheitshäufungen Trinkwasser nur selten als Infektionsquelle in Betracht gezogen wird. Auch die Identifizierung von Viren und Parasiten im Trinkwasser ist schwierig, da Wasserproben zeitnah nach der Feststellung von Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen entnommen werden müssen und eine korrekte Anwendung der Untersuchungsmethoden diffizil ist (Hunter et al. 2003a, Kuusi 2004).

Tabelle 7: Nachweise wasserbürtiger Ausbrüche von Infektionskrankheiten

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Krankheit	Referenz	Zeit und Ort	Ereignis	Erregernachweis im Trinkwasser	Anzahl an Betroffenen
Campylobacteriose ^a	Gallay et al. 2006	08/2000; Gemeinde in Frankreich	Grundwasserbrunnen mit Landwirtschafts-Abwässern überflutet und Ausfall der Chlorungsanlage	Ja (<i>C. coli</i> , Noro- und Rotaviren)	202 Erkrankte
	Jakopanc et al. 2008	05/2007; Roros, Norwegen	Arbeit am Trinkwassernetz, Druckabfall und ungechlortes Trinkwasser	Nein	1.500 Erkrankte (5.600 Einw.)
	Kuusi et al. 2005	08/1998; Haukipudas, Finnland	Arbeit am Trinkwassernetz, Abwassereintrag im Bereich einer Baustelle, ungechlortes Trinkwasser	Ja (<i>C. jejuni</i>)	2.700 Erkrankte (15.000 Einw.)
<i>E. coli</i> -Enteritis	Hunter 1997	1975; Nationalpark, Oregon, USA	Kontamination des Trinkwassers durch Überlaufen einer Kläranlage	k. A.	> 2.000 Erkrankte
EHEC-Enteritis	Auld et al. 2004	05/2000; Walkerton, Ontario, Kanada	Eintrag von Tierfaeces in Trinkwasserbrunnen nach Starkniederschlag und lokalen Überflutungen	Ja (EHEC und <i>Campylobacter spp.</i>)	2.300 Erkrankte, 27 HUS-Fälle, 7 Tote (4.800 Einw.)
Giardiasis	Gornik et al. 2001, Kistemann et al. 2003	05-08/2000; Gemeinde in Rheinland-Pfalz	Kontamination des Trinkwassers durch Weideabwässer bzw. Überlauf des Regenüberlaufbeckens nach Starkniederschlag	Ja	8 Erkrankte (13 asymptomatische Fälle laborbestätigt)
	Nygård et al. 2006	08-10/2004; Bergen, Norwegen	Kontamination des Trinkwassers durch Abwässer, die nach Starkniederschlägen aus sanierungsbedürftigen Abwasserrohren in einen See eingetragen wurden, der wiederum als Wassergewinnungsquelle genutzt wurde	Ja	2.500 Erkrankte (1.300 Fälle laborbestätigt)
Hepatitis A	Hrudey & Hrudey 2004	07/1980; Georgetown, Texas, USA	Kontamination von Brunnen nach Starkniederschlägen	Nein, aber hohe Belastung mit Fäkalcoliformen	36 Hepatitis A-Fälle; > 1.000 Gastroenteritiden
Kryptosporidiose	Howe et al. 2002	03/2000; Clitheroe, Lancashire, GB	Kontamination des Trinkwassers mit Tierfaeces nach Starkniederschlagsperiode und Wechsel der Wasserressource	Ja	58 Erkrankte
	Mac Kenzie et al. 1994	03-04/1993; Milwaukee, USA	Kontamination des Oberflächenwassers mit ungeklärten Abwässern nach Starkniederschlagsperiode; starke Trübung, neue Flokkungstechnik mit ungeeigneten Filtern und ineffektiver Chlorung	Ja	403.000 Erkrankte, 54 Tote (v. a. AIDS-Kranke)

Krankheit	Referenz	Zeit und Ort	Ereignis	Erregernachweis im Trinkwasser	Anzahl an Betroffenen
Norovirus-Erkrankung ^b	Böhme et al. 2005	04/1994; Noormakku, Norwegen	Fäkalkontaminiertes Flutwasser gelangte nach Rekordhochwasser in Förderbrunnen	Ja, Adeno-, Rota- und Noroviren	1.500-3.000 Erkrankte (6.300 Einw.)
	Hewitt et al. 2007	07/2006; Ski-Ort in Neuseeland	Abwasserkontamination der Trinkwasserversorgung	Ja	31 Erkrankte laborbestätigt
	Kukkula et al. 1999	03/1998; Heinävesi, Finnland	Abwasserkontamination des Trinkwassers, das aus Oberflächenwasser gewonnen wird	Ja	1.700-3.000 Erkrankte, 27 Fälle laborbestätigt (4.860 Einw.)
	RKI 2004b	10/2003; LK Torgau-Oschatz, Sachsen	Während Baumaßnahmen am Trinkwassernetz Kontamination einer Ersatzleitung durch Bachwasser	Ja	88 Erkrankte (von 95 Einw. eines Straßenzuges)
	Parshionikar et al. 2003	10/2001; Wyoming, USA	Materialdefekt eines Abwasserspeichers und benachbarten Grundwasserbrunnens sowie Ausfall der Chlorung verursachten Trinkwasserkontamination in einem Touristenlokal	Ja	84 der 111 befragten Gäste erkrankt (3 Fälle laborbestätigt)
Rotavirus-Erkrankung ^b	Botzenhart 2000, Kistemann 1997	12/1981; Halle/Saale, Sachsen-Anhalt	Hochwasser der Saale führte zur Überflutung der Brunnengalerie einer Uferfiltratgewinnung	Ja	10.500 Erkrankte
	Hunter 1997	05/1978; Washington, USA	Kontamination des Trinkwassers einer Schule mit Fäkalcoliformen durch ein unsachgemäß verlegtes Rohr	Ja	71,5% der 495 befragten Schüler erkrankt
Salmonellose	Lim et al. 2005	2004; Yeongcheon-si; Korea	Kontamination des Trinkwassers einer Schule durch ein Loch in der Wasserleitung und Verunreinigung des mit diesem Wasser zubereiteten Schulessens mit <i>S. enteritidis</i>	Nein	340 Erkrankte (von 1205 Befragten)
Shigellose	Tuffs und Bosch 2002	08/2002; Kleinstadt bei Barcelona, Spanien	Flut als Auslöser für Trinkwasserepidemie	k. A.	670 Erkrankte (6600 Einw.)
Yersiniose	Hunter 1997	k. A.	Kontaminiertes Brunnenwasser	Ja	2 Erkrankte einer Familie

a. siehe auch Auld et al. 2004 unter „EHEC-Enteritis“

b. siehe auch Gallay et al. (2006) unter „Campylobacteriose“

c. siehe auch Böhme et al. (2005) unter „Norovirus-Erkrankung“

k. A.: keine Angabe

Trotz dieser Einschränkungen gibt es mehrere Beispiele für Nachweise wasserbürtiger Erreger im Trinkwasser, durch die Krankheitsgeschehen ausgelöst wurden. Bei den in Tabelle 7 aufgelisteten Ereignissen waren Starkniederschläge, Hochwasser oder Arbeiten am Trinkwassernetz häufig der auslösende Faktor für eine Kontamination. In 15 der 20 aufgelisteten Ereignisse konnten die Erreger im Trinkwasser nachgewiesen werden. In drei Studien gelang kein Trinkwassernachweis, aber epidemiologische Untersuchungen deuteten darauf hin, dass Trinkwasser das Vehikel der Übertragung darstellte. In zwei Erwähnungen von trinkwasserassoziierten Krankheitsgeschehen waren keine Informationen über Nachweise enthalten.

Die größte der in Tabelle 7 dargestellten durch Trinkwasserkontaminationen ausgelösten Epidemien ereignete sich in Milwaukee, USA, im Jahr 1993 und wurde durch Kryptosporidien

verursacht. Es kam zu etwa 400.000 Erkrankungen und 54 Todesfällen. Auslöser der Trinkwasserkontaminationen waren Starkniederschläge, die zur Verunreinigung des Rohwassers führten, gepaart mit Problemen der Wasseraufbereitung (Hrudey & Hrudey 2004, Leclerc et al. 2002, Mac Kenzie et al. 1994).

Dramatisch verlief die EHEC- und Campylobacteriose-Epidemie in Walkerton, Kanada, im Jahr 2002, bei der die Hälfte der Einwohner erkrankte, 27 Personen HUS entwickelten und sieben starben. Auch hier war Starkniederschlag der Auslöser der Epidemie, indem Brunnenwasser mit Tierfaeces kontaminiert wurde (Auld et al. 2004, Hrudey & Hrudey 2004).

In Deutschland gab es in der jüngeren Vergangenheit zwei Krankheitsausbrüche aufgrund von Trinkwasserkontaminationen. Im Jahr 2000 fielen zufällig in einer rheinland-pfälzischen Hausarztpraxis acht Giardiasis-Fälle auf, für die eine wasserbürtige Ursache identifiziert werden konnte (Gornik et al. 2001, Kistemann et al. 2003). Im Rahmen einer historischen Kohortenstudie von Kistemann et al. (2003) zur epidemiologischen Bestätigung dieses ersten Giardiasis-Ausbruchs durch Trinkwasser konnten Giardien sowohl im Trinkwasser mehrerer Hochbehälter als auch in Stuhlproben von Schulkindern abhängig von den Wasserversorgungszonen der Wohnorte nachgewiesen werden. Im Jahr 2003 ereignete sich im Landkreis Torgau-Oschatz, Sachsen, ein Norovirus-Ausbruch, bei dem aufgrund von Bauarbeiten an einer Wasserleitung und einem dadurch bedingten Rückfluss von Zisternenwasser durch ein unsachgemäß verlegtes Wasserrohr insgesamt 88 Personen und damit 93% der 95 exponierten Bewohner eines Straßenzuges erkrankten (RKI 2004b).

Nachweise für wasserassoziierte Erkrankungen liegen auch für *E. coli*-Pathovaren, Rotaviren, Shigellen und Yersinien vor. Von diesen wurden z.B. Rotaviren bisher nur selten als Ursache von Ausbrüchen wasserbürtiger Infektionskrankheiten erkannt (z.B. Rotavirus-Epidemie in Halle 1981 mit 10.500 Erkrankten; Botzenhart 2000, Kistemann 1997), was auf Probleme mit der Diagnostik zurückgeführt wird (Leclerc et al. 2002). Rotaviren werden von Erkrankten in hoher Konzentration über mehrere Tage mit dem Stuhl ausgeschieden, so dass das häusliche Abwasser stark belastet ist und Rotaviren im Oberflächenwasser und in behandeltem Trinkwasser nachgewiesen werden können. Da Rotaviren jedoch auch leicht durch den direkten Kontakt von Mensch zu Mensch übertragen werden können, treten trinkwasserverursachte Ausbrüche in ihrer Bedeutung gegenüber den direkt übertragenen Krankheitsfällen zurück (Botzenhart 2007).

2.3.6 Epidemiologie

Hygieneabhängige Infektionskrankheiten betreffen in erster Linie Einzelpersonen (vgl. Kapitel 1). Trinkwasserkontaminationen können dagegen zu einem örtlich und zeitlich begrenzten epidemischen Auftreten einer Infektionskrankheit führen (Carlson 2002, Curriero et al. 2001, Hunter 2003, Kovats et al. 1999). Entwickeln zwei oder mehr Personen nach dem Konsum desselben Trinkwassers eine ähnliche Erkrankung, und kann epidemiologisch bestätigt werden, dass dieses Trinkwasser der Auslöser der Erkrankung war, dann wird dies in der Literatur als wasserbürtiger Ausbruch bezeichnet (Hunter et al. 2003a).

Trinkwasserkontaminationen können aber auch dazu führen, dass die Inzidenzrate der entsprechenden wasserbürtigen Krankheit, deren Erreger häufiger im Trinkwasser vorkommen, auf einem nur leicht erhöhten Niveau verbleibt, ohne epidemische Ausmaße anzunehmen (Hunter et al. 2003a, Theron & Cloete 2002, Tran & Few 2006²⁵). Problematisch ist die Erkennung wasserbürtiger Erkrankungen bzw. deren Häufung, und gemeldete Fälle liegen vermutlich stark unterhalb der tatsächlichen Inzidenzraten (Leclerc et al. 2002). Folgen einer ersten Welle trinkwasserausgelöster Erkrankungen Sekundärinfektionen z.B. aufgrund von Hygienedefiziten (vgl. Kapitel 2.3.2) ist die Erkennung eines wasserbürtigen Ausbruchs zusätzlich erschwert.

Speziell der Nachweis trinkwasserübertragener Norovirus-Erkrankungen ist schwierig, da die relativ teure und aufwendige Diagnostik von Noroviren mittels PCR in der Regel nur bei Häufungen, und hier vor allem in Krankenhäusern und Alten- und Pflegeheimen eingesetzt wird, und Einzelerkrankungen nur bei speziellen Tätigkeiten (nach § 42 IfSG) oder bei Risikopersonen untersucht werden (Koch 2004, LUA Sachsen 2005, vgl. Tabelle 8). Aufgrund des charakteristischen Krankheitsverlaufs wird nicht bei jeder Häufung der verursachende Erreger identifiziert, wodurch ein erheblicher Teil der Norovirus-Erkrankungen unerfasst bleibt und es somit zum Underreporting, dem Unterlassen von Meldungen und einer damit zusammenhängenden Unterschätzung von Häufigkeiten, kommt (RKI 2009a). Zu Problemen mit der Erfassung von Norovirus-Erkrankungen kommt hinzu, dass es nur selten gelingt, die ursächliche Infektionsquelle bzw. den „Indexfall“ festzustellen. Ein Nachweis des Erregers in Lebensmitteln, Trinkwasser oder am kontaminierten Gegenstand erfolgt somit selten (Kukkula et al. 1999, LUA Sachsen 2003).

²⁵ “In most cases, the disease patterns reported during recent floods in the region have not taken the form of outbreaks or epidemics, but simply an increased incidence above normal background levels. Most of the pathogens are already endemic in the population and/or the environment.” (Tran & Few 2006, S. 136).

Tabelle 8: Epidemiologische Charakteristika wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten in Deutschland

Quellen: RKI 2009a, Suttorp et al. 2004; eigene Darstellung 2009.

Krankheiten	Saisonalität	Fallzahlen 2007	Inzidenz/100.000 Einw. 2007	Anzahl an Ausbrüchen 2007	Besonderheiten
Campylobacteriose	Sommer	66.107	80,3	777	Änderung der Falldefinition: seit 2004 ELISA-Nachweis ausreichend; nur selten Veranlassung labordiagnostischer Nachweise
<i>E. coli</i> -Enteritis	Sommer	6.431	7,8	40	Nachweis nur in Speziallaboren; Ausbrüche v. a. in Kindergärten und Altenheimen
EHEC-Enteritis	Sommer, Herbst	839	1,0	21	Ab 2003 Erfassung von EHEC-Enteritiden (vgl. Fußnote 22); Erregerdiagnostik schwierig; gehäuftes Vorkommen v. a. in Ländern mit hoch entwickelter Landwirtschaft
Giardiasis	-	3.651	4,4	58	Änderung des Nachweisverfahrens: seit 2004 häufigere Nutzung des Antigentests; nur selten Veranlassung labordiagnostischer Nachweise; Hauptübertragungsort: Gemeinschaftseinrichtungen; in Deutschland hohes Vorkommen in kommunalen Abwässern
Hepatitis A	Spätsommer, Herbst	937	1,1	66	Durchseuchung in wärmeren Regionen und bei mangelnder Hygiene relativ hoch
Kryptosporidiose	Sommer, Herbst	1.459	1,8	24	Änderung des Nachweisverfahrens: seit 2004 häufigere Nutzung des Antigentests
Norovirus-Erkrankung	Spätherbst, Winter	201.133	244,3	3.026	Aufwendige Diagnostik und charakteristischer Krankheitsverlauf: erheblicher Teil unerfasst; bei Häufungen eher Meldung klinisch-epidemiologischer Fälle
Rotavirus-Erkrankung	Winter, Frühling	59.346	72,1	2.074	Einfacher labordiagnostischer Nachweis
Salmonellose	Spätsommer, Herbst	55.400	67,3	1.844	Schätzungsweise nur 10-20% der Salmonellosen werden durch Meldung erfasst
Shigellose	Spätsommer, Herbst	867	1,1	57	Ausbreitung bei ungenügender Hygiene in Gemeinschaftseinrichtungen
Yersiniose	-	4.987	6,1	42	Untererfassung möglich, da Erkennung schwierig

Tabelle 8 veranschaulicht für Deutschland die epidemiologische Situation der potentiell wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Erkrankungen. Die Tabelle zeigt, dass vor allem bei der Giardiasis, Hepatitis A und Shigellose der Hygienefaktor eine große Rolle spielt und sich ein Großteil der Erkrankungen in Gemeinschaftseinrichtungen abspielt bzw. es bei mangelnder Hygiene zu einer hohen Durchseuchung kommt.

Bis auf Giardiasen und Yersiniosen, die das ganze Jahr über relativ gleichmäßig verteilt gemeldet werden, weisen alle in Tabelle 8 genannten Erkrankungen einen saisonalen Schwerpunkt auf. Auch wenn sich Noro- und Rotavirus-Erkrankungen eher auf das Winterhalbjahr konzentrieren und viele bakteriell verursachte Erkrankungen häufiger in den Sommermonaten auftreten, können keine grundsätzlichen saisonalen Unterschiede zwischen viral, bakteriell und parasitär verursachten Erkrankungen aufgezeigt werden.

Die Häufigkeit und Ausbruchstendenz der einzelnen Erkrankungen ist zum Teil abhängig von der Art der Erregergruppe. Sehr häufig registriert werden die durch Bakterien ausgelösten

Campylobacteriosen und Salmonellosen sowie die viral bedingten Noro- und Rotavirus-Erkrankungen. Dagegen werden die beiden in Tabelle 8 aufgelisteten parasitären Erkrankungen (Kryptosporidiosen und Giardiasen) verhältnismäßig selten gemeldet, da Diagnoseprobleme ihre Erkennung erschweren (RKI 2003a). Liegen Angaben zum Infektionsland vor, dann ist erkennbar, dass bei fast allen dieser Krankheiten der Großteil in Deutschland erworben wird (über 90%). Bei den Giardiasen wurden dagegen beispielsweise im Jahr 2007 nur 62%, bei den A-Hepatitis 63%, bei den Kryptosporidiosen 84% und bei den Shigellosen 38% in Deutschland erworben (RKI 2008).

2.4 Infektionskrankheiten-Surveillance

Durch die Beobachtung der Häufigkeit des Auftretens von Infektionskrankheiten können Maßnahmen zur Verhinderung ihrer Verbreitung durchgeführt werden. Diese Beobachtungsansätze werden unter dem Oberbegriff Surveillance zusammengeführt und ein systematisches Vorgehen der Erfassung erfolgt mithilfe von Surveillance-Systemen.

Prämisse der Anwendung von Surveillance-Methoden ist die Reduzierung falsch positiver bzw. falsch negativer Ergebnisse, da nicht entdeckte Häufungen negative Konsequenzen für die Gesundheit größerer Bevölkerungsgruppen haben können und falsch positive Ergebnisse unnötige Kosten für das Gesundheitssystem verursachen.

2.4.1 Surveillance

Wie in Kapitel 1 bereits kurz erläutert, ist unter Surveillance eine „systematische und kontinuierliche Sammlung, Analyse und Interpretation von Daten zu verstehen, die eng verbunden ist mit der zeitlichen und verständlichen Weitergabe der Ergebnisse und einer Bewertung für Entscheidungsträger, so dass Maßnahmen erfolgen können“ (Porta et al. 2008, S. 239), um eine weitere Ausbreitung von Erkrankungen zu verhindern. Fehr & Vogt (2001), die unter anderem Declich & Carter (1994) folgen, fügen der Definition eine Raum-Zeit-Komponente hinzu, indem sie Surveillance als „systematische und kontinuierliche Beobachtung eines Geschehens in Raum und Zeit“ definieren.

Zu den Zielen der Surveillance von Infektionskrankheiten gehören unter anderem

- die Identifizierung von Ausbrüchen zur Einleitung von Kontrollmaßnahmen,
- die Identifizierung von Risiken, um Präventionsmaßnahmen durchführen zu können,
- die Validierung von Kontroll- und Präventionsmaßnahmen sowie
- die Generierung von Hypothesen für ätiologische Untersuchungen (Buehler 1998, Dreesman & Benzler 2005, Few et al. 2004).

Eine systematische Erfassung und Analyse von Krankheitsdaten ermöglichen Surveillance-Systeme. Diese Systeme haben die Funktion, einen Überblick über das Krankheitsgeschehen zu geben, um auffällige räumliche und zeitliche Häufungen von Krankheiten möglichst zeitnah erkennen und ihre Ursachen analysieren zu können. An Surveillance-Systeme werden verschiedene Anforderungen gestellt: Sie sollten unter anderem einfach, flexibel und von den Hauptakteuren sowie den betroffenen Individuen akzeptiert, sensitiv, repräsentativ und zeitnah sein (CDC 2001, Fehr & Vogt 2001, van Loock 1994).

2.4.2 Erhebung meldepflichtiger Infektionskrankheiten nach Infektionsschutzgesetz (IfSG)

Nach dem IfSG sind der Verdacht, die Erkrankung und der Tod an Krankheiten wie zum Beispiel akuter Virushepatitis, Cholera, HUS (vgl. Fußnote 22) oder Poliomyelitis sowie zwei oder mehr gleichartige Erkrankungen infektiöser Gastroenteritis, bei denen ein epidemischer Zusammenhang wahrscheinlich ist oder vermutet wird, vom Arzt oder anderen befugten Personen namentlich an das Gesundheitsamt des Hauptwohnsitzes des Erkrankten zu melden (§ 6 IfSG).

Die Labormeldepflicht gilt explizit für den Nachweis einer akuten Infektion im Labor (§ 7 IfSG). Die Labormeldung erfolgt an das jeweils zuständige Gesundheitsamt und wird gegebenenfalls an das Gesundheitsamt des Hauptwohnsitzes des Erkrankten weitergeleitet, das weitere Informationen wie z.B. Krankheitssymptome ermittelt (Dreesman & Benzler 2005).

Die Meldungen beinhalten laut § 9 IfSG unter anderem den Namen, das Geschlecht, das Geburtsdatum und die Adresse des Erkrankten. Ergänzende Angaben sind davon abhängig, ob der positive Befund vom Arzt oder vom Labor gemeldet wird. Vom Labor werden nur wenige weitere Details übermittelt, wie z.B. Angaben zur Nachweismethode, zum Befund oder zum Namen des Arztes, der die Laboruntersuchung veranlasst hat. Meldungen vom Arzt an das

Gesundheitsamt enthalten dagegen unter anderem auch Angaben zur beruflichen Tätigkeit und darüber, ob die Erkrankung im Ausland erworben wurde oder nicht.

Vom Gesundheitsamt findet eine Übermittlung der Falldaten – ohne Adressangabe des Erkrankten – an die Landesbehörde statt (§11 Abs. 1 IfSG), und von dort erfolgt die Übermittlung an das RKI (§ 11 Abs. 3 IfSG) (vgl. auch RKI 2000b). Von der Arzt- oder Labormeldung an das Gesundheitsamt bis zur Übermittlung an das RKI dürfen bis zu zwei Wochen vergehen. In der Praxis erfolgt die Übermittlung in der Regel schneller und unter besonderen Umständen, wie z.B. während des Augusthochwassers 2002 in Sachsen oder während der Fußball-Weltmeisterschaft 2006 in Deutschland praktiziert, ist eine tägliche Übermittlung möglich (Bigl et al. 2003, Williams et al. 2009).

2.4.3 Analyse von Surveillance-Daten

Um überregionale Ausbrüche zu identifizieren, das heißt solche Ausbrüche, die von den Gesundheitsämtern nicht erkannt werden können, weil die Fälle regional nur sporadisch auftreten, werden die Daten auf Landes- und Bundesebene erfasst und zur automatischen Ausbruchserkennung ausgewertet. Zu den Auswertungsverfahren, die universell für verschiedene Erreger verwendet werden, gehören z.B. EARL (EARLY warning system) bzw. AIM+ (Automatisiertes Infektionskrankheiten-Meldesystem) oder die „Übersichtsdarstellung“ sowie das „Scanverfahren“ von Kulldorff, die unter anderem in Nordrhein-Westfalen (Reintjes et al. 2001, Rissland et al. 2003) und Niedersachsen (Dreesman & Scharlach 2004) entwickelt wurden bzw. eingesetzt werden.

Hintergrund der Algorithmen zur Ausbruchserkennung ist in den meisten Fällen ein Vergleich aktueller Daten mit Daten der Vergangenheit, das heißt in der Regel aus fünf Vorjahren. Mit dem Inkrafttreten des IfSG im Jahr 2001 besteht somit ab dem Jahr 2006 eine gute Vergleichsbasis für die Anwendung dieser Verfahren (Dreesman & Benzler 2005).

Werden im Rahmen der Routine-Surveillance Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen entdeckt, dann kann mit analytischen Studien wie z.B. mit Fall-Kontroll-Studien abgeklärt werden, ob sich hinter der Häufung ein Ausbruch verbirgt und welche ursächlichen Zusammenhänge bzw. Risiken Auslöser des Ausbruchs waren.

2.4.4 Surveillance wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten

Da es schwierig ist, Trinkwasser als Auslöser eines Ausbruchs zu identifizieren, besteht die Möglichkeit der Kombination verschiedener Indikatoren wie z.B. von Wasserversorgungsproblemen und Erregernachweisen im Stuhl und im Trinkwasser, um die Stärke einer möglichen Assoziation zwischen Trinkwasser und einem auffälligen Krankheitsgeschehen besser einschätzen zu können.

Nach Tillett et al. (1998) gibt es vier Kriterien, die

- A einen Erregernachweis im Stuhl und im Trinkwasser,
- B Probleme der Trinkwasserqualität oder der Wasseraufbereitung aber ohne Erregernachweis,
- C einen positiven Zusammenhang zwischen Trinkwasserqualität und Krankheit als Ergebnis einer analytischen Studie (z.B. einer Fall-Kontroll-Studie) und
- D die Annahme eines Ausbruchs aufgrund einer deskriptiven epidemiologischen Studie, bei der andere Krankheitsursachen ausgeschlossen werden,

beinhalten.

Ausbrüche werden als stark mit Trinkwasser assoziiert eingeschätzt, wenn die Kriterien „A und C“ oder „A und D“ oder „B und C“ erfüllt sind. Zur Kategorie der wahrscheinlich mit Trinkwasser assoziierten Ausbrüche gehört die Kriterienkombination „B und C“ oder nur „C“ oder „A“, und eventuell assoziiert sind die erfüllten Kriterien „B“ oder „D“. Anhand dieser Kriterien werden unter anderem in Großbritannien und den USA trinkwasserbürtige Ausbrüche im Rahmen spezieller Surveillance-Systeme für wasserbürtige Infektionskrankheiten eingestuft und ausgewertet (Risebro et al. 2005, Tillett et al. 1998, Yoder et al. 2008; siehe auch Environmental Science and Research 2007).

Ein Vergleich von Surveillance-Systemen für wasserbürtige Infektionskrankheiten in Großbritannien, Schweden und den USA von Stanwell-Smith et al. (2003) zeigte, dass diese Surveillance-Systeme zwischen 1850 und 1920 etabliert wurden, um möglichst frühzeitig Ausbrüche aufzudecken und eine Weiterverbreitung von Krankheitserregern in der Bevölkerung durch Präventionsmaßnahmen und eine Anpassung gesetzlicher Vorschriften zu unterbinden. In allen drei Ländern basiert die Meldung von Ausbrüchen auf freiwilliger Basis und Standardfragebögen beinhalten unter anderem Angaben zur Anzahl an Erkrankten sowie Ergebnisse von Stuhlproben, Wasserproben und epidemiologischen Analysen. Auch Hinweise auf Ursachen, wie z.B. Hochwasser- oder Starkniederschlagsereignisse, Probleme in der Aufbe-

reitung, Reparaturarbeiten am Trinkwassernetz oder weiterführende Angaben z.B. zur Art der Aufbereitung und Desinfektion sowie der Rohwasserressource sind Bestandteile dieser Fragebögen (Yoder et al. 2008).

Grenzen werden der Effektivität dieser speziellen wasserbürtigen Surveillance-Systeme dadurch gesetzt, dass nur wenige Ausbrüche auf lokaler Ebene als wasserbürtig erkannt werden, wodurch ihre Sensitivität nicht sehr hoch ist. Zudem werden nur selten Informationen zur Exposition gegenüber Risikofaktoren ermittelt. Auch sporadische Infektionserkrankungen, die auf Trinkwasser zurückzuführen sind, das nur geringe Mengen an Pathogenen enthält oder nur gelegentlich kontaminiert ist, werden mit diesen Systemen nicht erfasst (Stanwell-Smith et al. 2003, Yoder et al. 2008).

Mit dem Surveillance-System der USA wurden z.B. im Jahr 2005 acht Ausbrüche und im Jahr 2006 zwölf Ausbrüche der öffentlichen Wasserversorgung als wasserbürtig identifiziert. Diese Ausbrüche führten zu insgesamt 612 Erkrankungen, vier Todesfällen, und der Median der betroffenen Personenzahl lag bei zehn Erkrankungen. Auslösende Agenzien dieser 20 Ausbrüche waren in zwölf Fällen Bakterien, in drei Fällen Viren und in zwei Fällen Parasiten. In einem Fall waren mehrere Erreger Verursacher der Infektionen und bei zwei Ausbrüchen gelang ein Erregernachweis nicht (Yoder et al. 2008).

In Deutschland werden Infektionskrankheiten aus der sich nach § 4 Abs. 2 Nr. 3 IfSG ergebenden Pflicht zur „Zusammenfassung von Meldungen zur infektionsepidemiologischen Auswertung“ im Surveillance-System des RKI erfasst (Hamouda 2005). Wasserbürtige Infektionserkrankungen fallen unter die Kategorie „Epidemiologischer Zusammenhang Lebensmittel, definiert als mindestens eine der beiden folgenden Expositionen: Entweder Verzehr potentiell kontaminierter Lebensmittel derselben Herkunft oder Aufnahme (Trinken, Verschlucken) potentiell kontaminierter Flüssigkeit derselben Herkunft“ (RKI 2007a, S. 7), wobei das Wort „Flüssigkeit“ in den RKI-Falldefinitionen 2007 das Wort „Wasser“ der Falldefinitionen 2004 abgelöst hat (RKI 2004a). Hygieneabhängige Infektionskrankheiten aufgrund von Wassermangel können dagegen nach den Falldefinitionen unter fäkal-orale Mensch-zu-Mensch-Übertragungen subsumiert werden, für die als Beispiel „Schmierinfektionen z.B. im Kindergarten, beim Wickeln von Säuglingen oder Kleinkindern“ angegeben sind (RKI 2004a, S. 12).

Wie in Kapitel 2.3.5 dargelegt, wird das Auftreten hygieneabhängiger Infektionskrankheiten in hoch entwickelten Ländern jedoch nur selten epidemiologisch untersucht (Mara & Feachem 2003, Letrilliart 1997), und in Deutschland erfolgt aufgrund des normalerweise hohen

Lebensstandards keine eigene Erfassung von Infektionskrankheiten aufgrund von wassermangelbedingten Hygienedefiziten.

Auch für wasserbürtige Infektionskrankheiten gibt es in Deutschland kein spezielles Surveillance-System (Exner et al. 2001), wohl auch, weil in den letzten zehn Jahren nur die beiden Ausbrüche der Giardiasen und Norovirus-Erkrankungen als wasserbürtig aufgedeckt wurden, die bereits in Kapitel 2.3.5 beschrieben sind (vgl. Gornik et al. 2001, Kistemann et al. 2003, Kramer et al. 2001, RKI 2004b). Basierend auf den Vorgaben des neuen IfSG sind in Deutschland seit dem Jahr 2001 jedoch auch Erreger wie *Cryptosporidium parvum* und *Giardia lamblia* zu melden, die häufig über das Trinkwasser übertragen werden (§ 7 Abs. 1 Nr. 10 und Nr. 16 IfSG).

Risebro et al. (2005) zeigten in einer Analyse nationaler Surveillance-Systeme ausgewählter europäischer Länder, dass Deutschland neben Finnland durch diese neu aufgenommenen Erreger eine herausragende Rolle einnimmt. In beiden Ländern sind sowohl die bereits in Kapitel 2.3.1 genannten Krankheitserreger meldepflichtig, als auch akute Gastroenteritiden (mit bestätigtem Lebensmittelbezug) sowie Ausbrüche. Im Vergleich dazu besteht z.B. in Großbritannien eine Meldepflicht nur für akute Gastroenteritiden, in Frankreich nur für Ausbrüche und in den Niederlanden neben akuten Gastroenteritiden und Ausbrüchen nur für Shigellosen und EHEC-Enteritiden. Alle übrigen Erregernachweise, bis auf die für *Cryptosporidium parvum* und *Giardia lamblia*, die in Frankreich nicht erhoben werden, erfolgen in den Niederlanden, Großbritannien und in Frankreich freiwillig. Auch in Schweden werden Noroviren und akute Gastroenteritiden nur auf freiwilliger Basis gemeldet (Risebro et al. 2005).

Insgesamt scheint nach Neumann et al. (2005) und auch Mara & Feachem (2003) das Auftreten wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten in Industrieländern häufig unterschätzt zu werden. Insbesondere in Extremsituationen wie bei Starkniederschlagsereignissen oder bei Naturkatastrophen wie extremem Hochwasser, wird ein wasserbezogener Auslöser gehäufte Infektionskrankheiten oft nicht als solcher erkannt.

2.5 Klimawandel und Naturkatastrophen

Katastrophen werden, wie bereits in Kapitel 1 beschrieben, definiert als Ereignisse, die die Funktionsfähigkeit einer Gesellschaft oder gesellschaftlicher Gruppen unterbrechen, hohe menschliche, materielle, ökonomische oder ökologische Verluste verursachen und die die Fähigkeit der betroffenen sozialen Einheit zur Bewältigung des Ereignisses aus eigener Kraft übersteigen. Das Auftreten einer Katastrophe ist abhängig vom Risiko, das heißt von der

Wahrscheinlichkeit für das Eintreten einer Gefährdung unter Berücksichtigung der Vulnerabilität der betroffenen Gesellschaft (Alexander 1997). Die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten hydrometeorologischer Extremereignisse, die in Kapitel 2.5.2 ausführlicher behandelt werden, wird beeinflusst durch natürlich und anthropogen bedingte Veränderungen des Klimas.

Eine Zunahme von klimawandelbedingten Extremereignissen verändert die gesellschaftlichen Kapazitäten. Hierzu gehören z.B. der Umgang mit Gesundheitsrisiken, die Aufrechterhaltung der Widerstandsfähigkeit von Infrastrukturen, sowie Anpassungen im Bereich des Katastrophenschutzes (Kovats & Haines 2005).

2.5.1 Klimawandel

Der anthropogen verursachte Klimawandel verändert entsprechend der in Kapitel 1 genannten Definition aufgrund menschlicher Aktivität die natürlich ablaufenden Klimaprozesse und führt zur Erderwärmung und daraus resultierenden Klimaverschiebungen (Bissolli et al. 2001, Grieser & Beck 2002). Der vierte Statusbericht des IPCC erwartet bis zum Ende dieses Jahrhunderts eine Zunahme der globalen Durchschnittstemperatur zwischen 1,1°C und 6,4°C. Die Höhe der Zunahme ist abhängig von der Höhe an Emissionen, die in verschiedenen Modellannahmen berechnet wurden, je nach Entwicklung der Weltwirtschaft und der Weltbevölkerung. Eine Temperaturerhöhung wird dabei in allen Modellannahmen prognostiziert (IPCC 2007).

Durch das wärmere Erdklima steigen der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre und gleichzeitig das Niederschlagspotential. In Kombination mit verstärkten Konvektionsprozessen erhöht sich hierdurch die Wahrscheinlichkeit für Temperaturextreme sowie häufigere und extremere Starkniederschlagsereignisse, durch die wiederum das Risiko für Hochwasser steigt (Höppe & Loster 2007, McMichael et al. 2006, Münchener Rück 2007a). Als Starkniederschlag wird hierbei ein Niederschlagsereignis bezeichnet, das im Verhältnis zu seiner Dauer eine hohe Niederschlagsintensität aufweist und daher selten auftritt, das heißt z.B. im statistischen Mittel höchstens einmal jährlich (Bartels et al. 2005).

Die Effekte des Klimawandels sind regional sehr unterschiedlich und kleinräumige Vorhersagen sind schwierig. Für die Großräume im Norden, in der Mitte, im Süden und im Südosten Deutschlands scheint das klimawandelbedingte Flutrisiko erhöht, wodurch sich bedingt durch ein hohes Schadenspotential eine hohe Vulnerabilität für den Sektor Wasserversorgung ergibt. Speziell für die großen Flusseinzugsgebiete der Elbe und Oder, den Rhein sowie für den Alpenraum wird ein hohes Risiko für das Auftreten von Hochwasser angenommen (Patz & Ol-

son 2006, Schönwiese et al. 2005). Extreme Hitzeereignisse treffen dagegen wahrscheinlich eher den südwestdeutschen Raum, und hier vor allem das Gebiet des Oberrheingraben. Die Folge extremer Hitze und Trockenheit könnten negative Auswirkungen auf die Gesundheitsversorgung und die Land- und Forstwirtschaft sein (Alcamo et al. 2007, Schröter et al. 2005, Zebisch et al. 2005).

2.5.2 Naturkatastrophen

Naturkatastrophen²⁶ sind Katastrophen, die durch natürliche Prozesse oder Phänomene in der Biosphäre ausgelöst werden und die zu einem Schadensereignis führen können. Naturkatastrophen können eingeteilt werden in

- geologische,
- hydrometeorologische oder
- biologische Katastrophen.

Die Ereignisse können sich unterscheiden hinsichtlich ihrer Magnitude oder Intensität, ihrer Häufigkeit, Dauer, dem Schadensgebiet, der Geschwindigkeit des Auftretens, ihrer räumlichen Ausbreitung sowie durch zeitliche Abstände zwischen einzelnen Ereignissen²⁷ (UN/ISDR 2004).

Zu den geologischen Ereignissen zählen in erster Linie Erdbeben. Obwohl die seismische Aktivität in Deutschland und in angrenzenden Ländern aufgrund der tektonischen Gegebenheiten nicht stark ausgeprägt ist, weisen regelmäßig auftretende kleinere Erdbeben auf das Gefahrenpotential hin. Hierzu gehören z.B. das „Roermond-Beben“ am 13.04.1992 (Stärke 5,9) in den Niederlanden und in der Kölner Bucht, sowie die Erdbeben in der Nähe von Hamburg (20.10.2004, Stärke 4,5) und in Waldkirch (5.12.2004, Stärke 5,4). Weltweit betrachtet war das Erdbeben mit den stärksten Auswirkungen seit Menschengedenken das Seebeben im Indischen Ozean am 26.12.2004 mit einer Stärke von 9,1 auf der Richterskala, bei dem ge-

²⁶ In der Literatur beschrieben sind Diskussionen darüber, ob es „Naturkatastrophen“ im engeren Sinne überhaupt geben kann, da weder Katastrophen selbst noch die meisten ihrer Auslöser natürlich sind (vgl. Alexander 1997, Wisner 2007). Hochwasser ist ein natürliches Extremereignis, aber erst durch den menschlichen Einfluss wie z.B. durch Flussbegradigungen und Auswirkungen auf den Menschen durch flussnahe Siedlungsflächen wird es zur Katastrophe. Trotz dieser Einschränkungen ist der Begriff „Naturkatastrophe“ im allgemeinen Sprachgebrauch etabliert, und wird in der vorliegenden Studie zur Abgrenzung natürlicher Extremereignisse gegenüber katastrophenauslösenden Ereignissen anderen Ursprungs verwendet.

²⁷ “Natural processes or phenomena occurring in the biosphere that may constitute a damaging event. Natural hazards can be classified by origin namely: geological, hydrometeorological or biological. Hazardous events can vary in magnitude or intensity, frequency, duration, area of extent, speed of onset, spatial dispersion and temporal spacing.”

schätzt 230.000 Menschen durch mehrere Flutwellen (Tsunami) zu Tode gekommen sind (Geoforschungszentrum Potsdam in der Helmholtz-Gemeinschaft o. J.).

Als hydrometeorologische Katastrophen werden natürliche Prozesse oder Phänomene atmosphärischer, hydrologischer oder ozeanographischer Natur bezeichnet, die zu Todesfällen oder Unfällen, zu Gebäudeschäden, sozialen und ökonomischen Zusammenbrüchen oder zu Umweltzerstörungen führen können (UN/ISDR 2004)²⁸. Zu den Auslösern hydrometeorologischer Katastrophen zählen vor allem Hochwasser, tropische Wirbelstürme, Sturmfluten, Gewitter, Stürme, Dürren, Wüstenbildung, Waldbrände, ungewöhnliche Temperaturextreme und Lawinen. Hydrometeorologische Katastrophen können einzeln, hintereinander oder kombiniert in ihren Ursachen und Auswirkungen auftreten (UN/ISDR 2004).

Zu den wichtigsten hydrometeorologischen Naturkatastrophen in ihrer Häufigkeit und Schadenswirkung in Industrieländern gehört Hochwasser. Ein Hochwasser kann z.B. durch Damnbrüche, Sturmfluten, Blitzfluten, Wirbelstürme, Schneeschmelzen oder Starkniederschlagsereignisse ausgelöst werden. Die Ausprägung wird beeinflusst durch die Art und Stärke des Niederschlags, des Oberflächenabflusses, der Evaporation und des Windes sowie durch die Höhe des Meeresspiegels und die lokale Topographie. Die Vulnerabilität einer Gesellschaft gegenüber Hochwasser wird erhöht, wenn eine größere Anzahl an Menschen in überflutungsgefährdeten Bereichen lebt oder hier Industrie angesiedelt ist. Menschliche Aktivitäten wie die Abholzung von Wäldern, die Begradigung von Flüssen, die Zurückdrängung natürlicher Überschwemmungsflächen und nicht angepasste Landschafts-, Siedlungs- und Stadtplanung verstärken das Flutrisiko (IPCC 2007).

Biologische Katastrophen²⁹ werden ausgelöst durch organische Substanzen, pathogene Mikroorganismen oder Toxine. Beispiele für biologische Katastrophen, die auch die Folge geologischer und hydrometeorologischer Katastrophen sein können, sind Ausbrüche von Infektionskrankheiten in Form von Epidemien oder Pandemien, von Tier- und Pflanzenkrankheiten und von Insektenplagen. Erkrankungen, Verletzungen oder Umweltzerstörungen können hier-

²⁸ "Natural processes or phenomena of atmospheric, hydrological or oceanographic nature, which may cause the loss of life or injury, property damage, social and economic disruption or environmental degradation. Hydrometeorological hazards include: floods, debris and mud floods; tropical cyclones, storm surges, thunder/hailstorms, rain and wind storms, blizzards and other severe storms; drought, desertification, wild land fires, temperature extremes, sand or dust storms; permafrost and snow or ice avalanches. Hydrometeorological hazards can be single, sequential or combined in their origin and effects."

²⁹ "Processes of organic origin or those conveyed by biological vectors, including exposure to pathogenic microorganisms, toxins and bioactive substances, which may cause the loss of life or injury, property damage, social and economic disruption or environmental degradation."

aus resultieren. Ein Beispiel für eine Pandemie ist die sich derzeit weltweit ausbreitende Neue Influenza, auch „Schweinegrippe“ genannt (RKI 2009b).

2.5.3 Gesundheitsauswirkungen von Hochwasserkatastrophen

Hochwasserereignisse können sowohl während als auch im Nachgang einer Katastrophe Auswirkungen auf die Gesundheit der betroffenen Bevölkerung haben. Einige Autoren teilen diese Auswirkungen in zwei Kategorien ein, die sie als „direkte Effekte“ und „indirekte Effekte“ bezeichnen, die jedoch verschieden gegliedert sind (siehe z.B. Few et al. 2004, Menne et al. 1999). Konsens dieser ähnlichen Einteilungen ist, dass die direkten Gesundheitseffekte durch das Flutwasser selbst ausgelöst werden, während die indirekten Effekte erst als Folge der Überflutung entstehen. Die hierdurch ausgelösten Gesundheitsauswirkungen können von kurzer Dauer sein oder langwierige Folgen haben.

Unfälle, Verletzungen, Infektionserkrankungen und chronische Erkrankungen können der Einteilung nach sowohl direkt als auch indirekt durch Hochwasser verursacht werden. Auch Ausfälle einzelner Infrastrukturbereiche wie z.B. des Rettungswesens oder der Wasserversorgung werden in den Einteilungen zu den direkten bzw. indirekten Auswirkungen eines Hochwassers gezählt. Da in dieser Studie sowohl akute als auch längerfristige Infrastrukturschäden und damit zusammenhängende Gesundheitsfolgen eine Rolle spielen, erfolgen weitere Ausführungen unabhängig von der oben angegebenen Einteilung.

Das größte Risiko für die Gesundheit besteht in der Akut-Phase eines Hochwassers. Todesfälle, vor allem durch Ertrinken, treten auch in Industrieländern bei Hochwasserkatastrophen auf. Im Vergleich zur Situation in Entwicklungsländern ist ihre Anzahl jedoch eher gering. Unfälle und hierdurch oder andersartig erworbene Verletzungen gehören zu weiteren Auswirkungen auf die Gesundheit, die lebensbedrohliche Ausmaße annehmen können (Hajat et al. 2003, Patz & Kovats 2002).

Die Entwicklung einer Infektionskrankheit während eines Hochwasserereignisses ist von der Suszeptibilität des Exponierten abhängig (vgl. Kapitel 2.3.2, Few et al. 2004). Vulnerable Bevölkerungsgruppen wie z.B. kleine Kinder, Personen in höherem Lebensalter, schwangere Frauen oder immunsupprimierte Personen sind besonders anfällig für das Auftreten von Infektionskrankheiten (Hajat et al. 2003, Patz et al. 2000, Tapsell et al. 2002; vgl. auch oben Kapitel 2.2.4). Dieses Risiko besteht nicht nur in Entwicklungsländern, sondern auch in Industrieländern (Howe et al. 2002, Kistemann et al. 2002, Kovats et al. 1999, Miettinen et al. 2001, Patz & Kovats 2002, Schijven & de Roda Husman 2005). Die Wahrscheinlichkeit für

das Auftreten von Krankheitsausbrüchen wird in Industrieländern aufgrund einer adäquaten Public Health-Infrastruktur von Hajat et al. (2003) und Noji (1997a) als gering eingeschätzt, bzw. zumindest solange, wie die Wasserversorgung ohne Beeinträchtigungen funktioniert (Hunter 2003).

Hochwasserbedingte chemische Kontaminationen können diverse Ursachen haben. Hierzu gehören z.B. die Überflutung von Anlageteilen chemischer Fabriken und ausgelaufene Öltanks. Flutbedingte Ölschäden können zu Vergiftungen, Kopfschmerzen, Schwindel, Hautirritationen sowie zu Funktionsstörungen des Immun- und des Fortpflanzungssystems führen, wenn eine Exposition durch Inhalation oder über die Haut vorliegt (Euripidou & Murray 2004, Potera 2003). Chemische hochwasserassoziierte Kontaminationen stehen unter Verdacht, mitverantwortlich zu sein für das Auftreten von Krebserkrankungen wie Leukämie und Lymphomen. Auch erhöhte Raten von Aborten werden in diesem Zusammenhang diskutiert (Hajat et al. 2003).

Die in Reviews am häufigsten beschriebenen Auswirkungen von Katastrophen auf die Gesundheit der Bevölkerung in Industrieländern sind psychische Erkrankungen, die durch Distress während und nach einer Flut ausgelöst werden und besonders oft in älteren und sozial benachteiligten Bevölkerungsgruppen festzustellen sind (Few et al. 2004, Hajat et al. 2003). Auch Suizide, die im Zusammenhang mit einem Hochwasser stehen, werden zu den psychischen Folgen gezählt (Kovats et al. 1999, Kessler et al. 2006).

Einem Flutereignis folgend treten häufig Schimmelpilzallergien und Asthma auf, wenn Häuser für längere Zeit überflutet waren und Maßnahmen zur Vermeidung von Schimmelbildung nicht hinreichend beachtet wurden (Brandt et al. 2006).

Hochwasserbedingte Ausfälle der Stromversorgung wirken sich auf alle anderen Infrastrukturbereiche aus. Vor allem längerfristige Stromausfälle können Folgen für die Gesundheitsversorgung beziehungsweise die Gesundheit der Bevölkerung haben. Wenn z.B. in Krankenhäusern bei einem Stromausfall Probleme mit der Notstromversorgung auftreten, dann ist dies vor allem für den Operationsbereich, Intensivstationen und Dialyseeinrichtungen kritisch (Abbott 2000, BBK 2008b, Klein et al. 2005). Sind von dem Stromausfall Kühlgeräte betroffen, dann kann dies Laboranalysen beeinträchtigen sowie das Auftreten lebensmittelassoziierter Infektionserkrankungen erleichtern (Klein et al. 2007). Auch für die Wasserversorgung ist eine funktionierende Stromversorgung notwendig, da zur Durchführung der verschiedenen Betriebsprozesse (Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung, siehe Kapitel 2.2) Strom benötigt wird, der in der Regel nicht vollständig über Notstromaggregate generiert werden kann.

Auswirkungen eines Hochwassers auf die Gesundheitsversorgung bestehen z.B. durch einen Ausfall von Infrastruktureinrichtungen wie Krankenhäusern, Alten- und Pflegeheimen sowie Arztpraxen und Apotheken. Problematisch ist hierbei vor allem die Unterbringung technischer Geräte und von Notstromaggregaten in Kellerräumen, die durch das Hochwasser selbst oder durch einströmendes Grundwasser geflutet werden können (Meusel & Kirch 2005, Klein et al. 2005).

Transporteinschränkungen können das Personal medizinischer Einrichtungen, den Rettungsdienst sowie mobile Pflegedienste betreffen. Auch die Versorgung mit notwendigen Gütern wie Medikamenten, Lebensmitteln und Wasserflaschen bei Problemen der Wasserversorgung oder Treibstoff zum Betrieb von Notstromaggregaten kann hierdurch beeinträchtigt sein (Abbott 2000, Klein et al. 2005).

Problematisch für die Wasserversorgung ist neben Stromausfällen die Kontamination der Wasserversorgung mit Krankheitserregern. Ursache kann die Überflutung von Anlagen der Wasserversorgung bzw. von Abwasseranlagen und Weideflächen sein. Auch Mängel oder Probleme in der Wasseraufbereitung können zu Kontaminationen mit Krankheitserregern führen (DVGW 2007, Hunter 2003, WHO 2003). Ein Ausfall der Wasserversorgung kann auch Hygienemaßnahmen wie Händewaschen und die Fäkalienentsorgung erschweren, wodurch sich die Gefahr für eine Verbreitung hygieneabhängiger Infektionskrankheiten erhöht (Abbott 2000, Pesik & Keim 2002; vgl. auch Kapitel 2.2 und Kapitel 2.3).

2.5.4 Maßnahmen zur Gesundheitsversorgung bei Katastrophen

Ist eine Katastrophe eingetreten, sollten nach Noji (1997b) erste Maßnahmen zur Sicherstellung der Akutversorgung, sowie darauf aufbauend der Basisversorgung vor allem vulnerabler Bevölkerungsgruppen (Kinder, Personen in höherem Lebensalter, Behinderte, sozial Benachteiligte, immunsupprimierte Personen und Schwangere, vgl. Kapitel 2.2.4) erfolgen (siehe auch Aldrich & Benson 2008, Gibson 2006, Hajat et al. 2003, Pfeiffer et al. 2008, Tapsell et al. 2002). Die Abhängigkeit von medizinischen Geräten zur Aufrechterhaltung ihrer Lebensfunktionen besteht vor allem für Personen in höherem Lebensalter. In dieser Bevölkerungsgruppe ist häufig auch die regelmäßige Verabreichung von Medikamenten wie z.B. von Insulin notwendig, und dies gilt sowohl für Personen, die in ihrem Zuhause verbleiben können, als auch für Evakuierte (Noji 1997b).

Ist die Phase der Akutversorgung überstanden, liegen die Prioritäten auf der Sicherstellung der Wasser- und Nahrungsmittelversorgung, der Beseitigung von Fäkalien und Abfällen, dem

Aufbau von Ersatzunterkünften, der Sicherstellung persönlicher Hygienebedürfnisse sowie der Durchführung von Surveillance-Maßnahmen (Abbot 2000, Noji 1997b, Pesik & Keim 2002).

Die Bereitstellung von Trinkwasser z.B. durch Ersatzversorgungssysteme gehört zu den prioritären Public Health-Aufgaben der akuten Katastrophenhilfe bzw. des gesamten Katastrophenmanagements (Abbott 2000, Few et al. 2004, Lillibridge 1997, Wisner & Adams 2002). Als minimaler Wasserverbrauch werden drei bis fünf Liter pro Person pro Tag zum Überleben angenommen. 15 bis 20 Liter werden benötigt für die persönliche Hygiene, zum Kochen und zur Beseitigung von Fäkalien (Abbot 2000).

Für den Fall von Krankheitshäufungen sind zur Durchführung von Ausbruchsuntersuchungen epidemiologisches Fachwissen, sowie auch Hilfsmittel wie z.B. Fragebögen vorzuhalten (Pesik & Keim 2002). Ziel ist eine zeitnahe Eindämmung von Ausbrüchen. Mit epidemiologischen Studien können aber auch die Gesundheitseffekte von Katastrophen genauer untersucht werden, um so die Planung und Ressourcenverteilung zu verbessern (Greenough et al. 2001). Van den Berg et al. (2008) schlagen z.B. eine systematische Abschätzung möglicher Folgen von Katastrophen für die Gesundheit der Bevölkerung vor, genannt „Disaster Health Outcome Assessment“. Hierbei kann eine kontinuierliche Surveillance von Gesundheitsproblemen angeknüpft werden an bestehende Meldesysteme und eingesetzt werden für Untersuchungen zur Ätiologie katastrophengebinder Gesundheitseffekte.

Mit epidemiologischen Methoden kann vor und während eines Extremereignisses die Risiko-Bevölkerung erfasst und quantifiziert werden. Hierzu gehört zum Beispiel die Adressermittlung hilfebedürftiger Personen, um während eines Ereignisses eine Versorgung mit Wasser, Lebensmitteln und lebenswichtigen Gütern wie z.B. Medikamenten sicherzustellen. Für Public Health-Einrichtungen bedeutet dies die Notwendigkeit für zusätzliches Personal während eines Katastrophenereignisses (Noji 2002, CDC 2004b).

2.5.5 Maßnahmen zur Katastrophenvorsorge

Zu den Maßnahmen der Katastrophenvorsorge gehören politische, normative, planerisch-administrative und technisch-infrastrukturelle Aktivitäten mit dem mittel- und langfristigen Ziel, Katastrophen vorzubeugen durch die Reduzierung der Ursachen sowie der Folgen von Gefahren- und Schadenereignissen für die Gesellschaft oder gesellschaftspolitische Gruppen (Geier 2006).

Industrieländer haben im Gegensatz zu vielen Entwicklungsländern Kapazitäten und ausgefeilte Mechanismen für die Vorhersage und das Management von Katastrophen entwickelt. Dazu gehören z.B. Vorhersage- und Warnsysteme für schwere Stürme und Hochwasser, Vorschriften und Normen für Erdbebensicherheit und Brandschutz, robuste Kommunikationsnetzwerke, um Katastrophenwarnungen über die Medien zu verbreiten und um die Information der Rettungskräfte zu ermöglichen, Einrichtungen und Personal in Rettungsdiensten und zur medizinischen Notfallversorgung sowie eine adäquate Katastrophenvorbereitung für die Bevölkerung und öffentliche Einrichtungen (Noji 1997a).

Gesetzliche Regelungen und Einrichtungen erleichtern die Umsetzung von Maßnahmen zur Vorbereitung und zur Bewältigung. Für den Katastrophenfall stehen Maßnahmen des Katastrophenschutzes, das heißt von „...Aktivitäten und Maßnahmen zur Vorbereitung auf und zur Bewältigung von Großschadensereignissen und Katastrophen durch Kreise, Länder und (ergänzend) den Bund“ (Geier 2006, S.29) und bei länderübergreifenden Ereignissen des Bevölkerungsschutzes bereit (BBK o. J., vgl. Kapitel 1).

Zu den gesetzlichen Regelwerken gehören auf Bundesebene das WHG und das Hochwasserschutzgesetz (Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes vom 3. Mai 2005). Im WHG ist z.B. nach § 31b Abs. 2 Nr. 2 vorgegeben, dass im Rahmen des Hochwasserschutzes für Überschwemmungsgebiete nach Landesrecht zu regeln ist, wie Störungen der Wasserversorgung und der Abwasserbeseitigung so weit wie möglich vermieden werden. Einen Überblick über die geltenden Ländergesetze gibt eine vergleichende Darstellung der SKK (2006a, siehe auch BBK 2008a).

Die Stärkung von Eigenschutzpotentialen der Bevölkerung sollte stets unterstützt werden. Aufklärungsmaterialien aus dem Bereich des Bevölkerungsschutzes können hier helfen und geben unter anderem Tipps zur Vorratshaltung von Lebensmitteln und Trinkwasser (z.B. BBK 2007).

Zur Vermeidung akuter Gesundheitsgefahren erleichtern Merkblätter, Warnhinweise sowie behördliche Stellungnahmen einheitliche Vorgehensweisen, vor allem z.B. bei Impffragen. Internationale Beispiele sind detaillierte Hinweise zur Vorbereitung auf Flutsituationen des CDC (CDC o. J.) sowie das WHO Fact Sheet „Flooding and communicable disease“ (WHO 2005), das vor Kontaminationen von Wasserversorgungsanlagen warnt und auf die Möglichkeit der Abwehr von Krankheiten hinweist. Die Vermeidung des direkten Kontaktes mit Flutwasser sowie eine adäquate Händehygiene gehören z.B. zu den grundsätzlichen Empfehlungen zur Vermeidung von Infektionen. Derartige Hinweise für die Bevölkerung und Hilfe-

stellungen zum Umgang mit der Katastrophe können auch in Kooperation mit den Medien bereits im Vorfeld einer Katastrophe erstellt werden.

2.5.6 Beispiel-Naturkatastrophen

Zu den hydrometeorologischen Naturkatastrophen, die in der jüngeren Vergangenheit in Deutschland und in den Nachbarstaaten sowie in Ländern mit vergleichbarem Entwicklungsstand auftraten, gehörten unter anderem die Hochwasser an Oder, Elbe und in den Alpen sowie in Großbritannien und Mitteleuropa, die Stürme Lothar, Kyrill und Emma, der Hagelsturm Hilal und der während eines langen Wochenendes aufgetretene und Hochwasser verursachende Sturm in der Region Hunter in Australien, das Schneechaos im Münsterland sowie der Hitzesommer und die Wirbelstürme Katrina und Ike in den USA. Eine Übersicht über diese Ereignisse gibt Tabelle 9.

Beeinträchtigungen der Wasserversorgung sind vom Pfingsthochwasser, dem Augusthochwasser, der Hitzewelle, den Wirbelstürmen Katrina und Ike, dem Alpenhochwasser, den Überschwemmungen in Großbritannien, dem „Long Weekend-Storm“ in Australien sowie dem Hochwasser in Mitteleuropa bekannt. Vor allem die fünf Ereignisse Augusthochwasser, Wirbelstürme Katrina und Ike und die Überschwemmungen in Großbritannien und das durch einen Sturm ausgelöste Hochwasser in Australien sind geprägt von starken infrastrukturellen Beeinträchtigungen und Ausfällen.

Das Hochwasser in Mitteleuropa im Juni und Juli 2009 führte z.B. in mehreren Kommunen Österreichs zu Trinkwasserverunreinigungen (Die Presse 2009a). In einer weiteren oberösterreichischen Kommune wurden, nachdem 40 der 850 Einwohner an Durchfällen und Brechdurchfällen erkrankten, in drei Trinkwasserquellen Verunreinigungen mit coliformen Bakterien nachgewiesen, die im Zusammenhang mit dem Hochwasserereignis bzw. den vorausgehenden Starkniederschlägen gesehen wurden (Die Presse 2009b). Beispielhaft für weitere Auswirkungen von Naturkatastrophen auf die Kritische Infrastruktur Wasserversorgung sind in Bericht 1 und Bericht 2 die Folgen der Überschwemmungen in Großbritannien und des Wirbelsturms Katrina in den USA dargestellt (vgl. auch Kapitel 2.7.2).

Tabelle 9: Bedeutende Naturkatastrophen in Deutschland und in vergleichbaren Ländern zwischen 1997 und 2009

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Datum	Ereignis	Betroffenes Gebiet	Auswirkungen auf die Wasserversorgung	Referenz
17.07.-10.08.1997	Oderhochwasser	Deutschland, Polen, Tschechische Republik	k. A.	Fuchs & Rapp 1997
26.12.1999	Sturm Lothar	Deutschland (Schwarzwald), Frankreich, Österreich, Schweiz	k. A.	BBK 2005
22.-28.05.1999	Pfingsthochwasser	Deutschland (Bayern), Österreich (Vorarlberg, Tirol)	Ja	BBK 2005, IGKB 1999
11.-25.08.2002	Augusthochwasser	Deutschland, Italien, Österreich, Polen, Tschechische Republik	Ja	Wricke 2004, Wricke et al. 2003
07 - 08 2003	Hitzewelle	Europa	Ja	Hansestadt Lübeck, Kreis Herzogtum Lauenburg 2004, Koppe et al. 2003, Schönwiese et al. 2003
20.-24.08.2005	Alpenhochwasser	Deutschland (Bayern), Österreich, Schweiz,	Ja	Grieser et al. 2005, Spiegel online 2005, WEA 2005
23.-29.08.2005	Wirbelsturm Katrina	USA (Alabama, Florida, Georgia, Louisiana (besonders der Großraum New Orleans), Mississippi)	Ja	CDC 2006b
25.-28.11.2005	Schneechaos im Münsterland	Deutschland (Bergisches Land, Münsterland, Osnabrücker Land, Ruhrgebiet, südliches Emsland, Tecklenburger Land)	k. A.	Menski & Gardemann 2008
03 - 04 2006	Frühjahrschhochwasser	Bulgarien, Deutschland (Brandenburg, Niedersachsen, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein), Österreich, Rumänien, Tschechische Republik, Ungarn	k. A.	Münchener Rück 2007b
17.-19.01.2007	Orkan Kyrill	Belgien, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Niederlande, Österreich, Polen, Schweiz, Tschechische Republik	k. A.	Münchener Rück o. J.
01.06.-27.07.2007	Überschwemmungen in Großbritannien	Großbritannien (England, Nordirland, Schottland, Wales)	Ja	Pitt 2008
07.06.2007	„Long weekend-storm“ mit Hochwasser	Australien (Hunter Region in New South Wales)	Ja	Cretikos 2007
01.-02.03.2008	Orkan Emma	Deutschland, Österreich	k. A.	Die Presse 2008
28.05.-03.06.2008	Hagelsturm Hilal	Deutschland (v. a. Baden-Württemberg)	k. A.	Fügemann 2008
06.-14.09.2008	Wirbelsturm Ike	Karibik, USA (v. a. Galveston)	Ja	Spiegel online 2008
19.06.-09.07.2009	Hochwasser in Mitteleuropa 2009	Deutschland (Bayern), Österreich, Polen, Rumänien, Serbien, Slowakei, Tschechische Republik	Ja	BMLFUW 2009, Die Presse 2009a und b

k. A.: keine Angabe

Bericht 1: Auswirkungen der Überschwemmungen in Großbritannien 2007 auf die Wasserversorgung

Durch die Überschwemmungen in Großbritannien, die durch extreme Regenfälle ausgelöst wurden und zu einem starken Anstieg der Wasserstände großer Flüsse wie Themse und Severn führten, waren viele Einrichtungen Kritischer Infrastrukturen betroffen. Hierzu gehörten die Stromversorgung, die Telekommunikation, der Verkehr über Autobahnen, Straßen und der Ausfall wichtiger Eisenbahnverbindungen sowie die Wasserversorgung und die Abwasserentsorgung (Pitt 2008).

Gravierend war der Ausfall der Mythe Water Treatment Works, einer Wasseraufbereitungsanlage in einem künstlich aufgeschütteten Bereich zwischen den Flüssen Severn und Avon, durch den 350.000 Einwohner in Tewkesbury, Gloucester und Cheltenham sowie in ländlichen Gebieten von Gloucestershire zwischen dem 22.07.2007 und dem 07.08.2007 betroffen waren. Eine Überbrückung über eine andere Wasserversorgung war nicht möglich.

Bis zum 27.07.2007 fiel die Trinkwasserversorgung aus, bis zum 03.08. wurde für 10.000 Einwohner Wasser zur Toilettenspülung bereitgestellt, und bis zum 07.08. gab es Trinkwasser, das einem Abkochgebot unterlag. Die Ersatzwasserversorgung wurde durch Flaschenwasser sowie Tankwagen sichergestellt; allerdings gab es Rationierungen von 10 Litern pro Person und Tag. Vor Freigabe des Wassers als „Trinkwasser“ wurden in enger Zusammenarbeit mit den Gesundheitsbehörden umfangreiche Wasseranalysen sowie eine Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration durchgeführt (Severn Trend Water o. J.).

Trotz der Überflutung vieler Abwasseranlagen ging die Health Protection Agency von einem nur niedrigen Risiko für den Erwerb wasserbürtiger Infektionskrankheiten aus (Tan 2007, Pitt 2008). Zur Prävention von Infektionen wurden für diese Flut spezielle Warnhinweise u. a. zum Umgang mit Trinkwasser erarbeitet und veröffentlicht (Health Protection Agency 2007).

Bericht 2: Auswirkungen des Wirbelsturms Katrina 2005 auf die Wasserversorgung

Der Wirbelsturm Katrina führte aufgrund der Überflutungen großer Küstengebiete zu massiven Beeinträchtigungen Kritischer Infrastrukturen. Die Stromversorgung, Telekommunikation, Wasserversorgung und Abwasserentsorgung sowie Verkehrswege wurden schwer beschädigt (CDC 2006b).

In den Staaten Mississippi, Louisiana und Alabama waren mehr als 1.000 Trinkwasserversorger durch den Hurrikan betroffen. Untersuchungen des Flutwassers der Environmental Protection Agency zeigten hohe Konzentrationen von *E. coli* und anderen coliformen Bakterien, die auf Kontaminationen durch Abwasser hindeuteten. Als Gegenmaßnahmen wurden eine Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration vorgenommen sowie Abkochgebote ausgesprochen (The Associated Press 2005).

Zudem wurden viele Krankenhäuser und Public Health-Einrichtungen entweder zerstört oder konnten direkt nach dem Wirbelsturm nicht mehr ohne Einschränkungen betrieben werden. In mehreren Regionen wurde das CDC angefragt, eine aktive Surveillance katastrophenassoziierter Erkrankungen und Unfälle durchzuführen. Größere Ausbrüche von Infektionskrankheiten wurden hierbei nicht festgestellt, aber es gab mehr als 1000 Fälle gastrointestinaler Beschwerden, zu denen auch wässrige und blutige Durchfälle gehörten (CDC 2006b).

2.6 Literatur-Review zum Zusammenhang zwischen Katastrophen, der Wasserversorgung und Infektionskrankheiten

Studien über Katastrophensituationen in Entwicklungsländern verdeutlichen häufig Zusammenhänge zwischen Hochwasserereignissen, Beeinträchtigungen der Trinkwasserversorgung

und dem Gesundheitszustand (siehe z.B. Bissell 1983, Cortés-Ortiz 2002, Kondo et al. 2002, vgl. auch Phanuwan et al. 2006). Insofern stellte sich auch unter Berücksichtigung der oben genannten Erfahrungen in Österreich, den USA und Großbritannien (vgl. Kapitel 2.5.6) die Frage, welche Studien es aus Industrieländern gibt, in denen ein Zusammenhang zwischen

- Hochwasserereignissen generell bzw. dem Augsthochwasser 2002,
 - hochwasserbedingten Problemen mit der Wasserversorgung und
 - Gesundheitseffekten und hier insbesondere dem Auftreten von Infektionskrankheiten
- untersucht wurde.

Hierzu wurden einschlägige Reviews sowie Studien aus Industrieländern recherchiert und analysiert.

2.6.1 Literaturrecherche

Um Studien zu identifizieren, die sich mit dieser Thematik beschäftigen, wurde basierend auf den Empfehlungen von Haynes et al. (2005) eine Literaturrecherche durchgeführt, die zudem methodisch mit den Vorgehensweisen in mehreren der recherchierten Reviews vergleichbar ist (z.B. Ahern et al. 2005, Hajat et al. 2003).

Zur Suche nach Publikationen wurden die

- Datenbank Medline/Pub Med (National Library of Medicine, Bethesda, Maryland, URL 4),
- die Website-Suchfunktionen des CDC (URL 2), des RKI (URL 5) und der WHO (URL 8) und
- die Suchmaschine Google (URL 3) inklusive der Suchmaschine Google-Scholar (URL 1)

herangezogen.

Gesucht wurde nach Reviews und Studien, die eine Verbindung zwischen Katastrophenereignissen und hier vor allem Hochwasser, resultierenden Beeinträchtigungen Kritischer Infrastrukturen wie der Wasserversorgung und dem Infektionsgeschehen in der Bevölkerung als Public Health-Folge untersuchten. Die Suche umfasste einzelne Begriffe und Wortkombinationen, die in Tabelle 10 dargestellt sind. Berücksichtigt wurden die Begriffe im Singular und Plural sowie auf Deutsch und Englisch. Es wurden jeweils Wortkombinationen verwendet wie z.B. *Hochwasser UND Trinkwasser UND Infektionskrankheiten* oder *flooding AND „critical infrastructure“ AND „infectious diseases“ AND disruption*.

Tabelle 10: Suchkriterien für die Literatursuche der Reviews und Studien³⁰

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Ereignis	Auswirkungen auf die Wasserversorgung	Public Health-Folgen	Krankheiten und Erreger
Flut	Abschaltung	Ausbruch	Bakterien
Hochwasser	Ausfall	Epidemie	Campylobacter/-iose
Katastrophe	Kritische Infrastruktur	Häufung	<i>E. coli</i>
Naturkatastrophe	Störung	Infektion	EHEC
Natürliches Extremereignis	Trinkwasser	Infektionskrankheit	Durchfall
	Unterbrechung		Gastroenteritis
	Wasserversorgung		Giardia/Giardiasis
			Hepatitis A
			Kryptosporidien/-iose
			Norovirus
			Parasiten
			Rotavirus
			Salmonellen/-ose
			Shigellen/-ose
			Viren
			Yersinien/-ose

Die systematische Literaturrecherche erfolgte zwischen April und Oktober 2007. Eine Nach-erfassung wurde von Oktober bis Dezember 2008 durchgeführt. Die Vorgehensweise, durch die letztendlich 14 Reviews und sieben Studien ausgewählt wurden, ist beispielhaft in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Anzahl an Treffern einer Beispielabfrage in ausgewählten Datenbanken und Suchmaschinen

Quellen: URL 1 bis 5, URL 8; Abfragedatum: 15.12.2008, eigene Darstellung 2009.

Suchbegriffe	Pub Med	CDC	RKI	WHO	Google	Google-Scholar
Hochwasser	4.336	2.670	4	3.480	1.520.000	16.700
UND Trinkwasser	35	968		1.980	587.000	11.700
UND Infektionskrankheiten	3	262		952	8.860	191

In die Liste der derart recherchierten Studien wurden sekundäre Referenzen, Hinweise auf vergleichbare Literatur in der Datenbank Medline/Pub Med sowie Literaturhinweise kontaktierter Experten integriert, wenn sie einen Bezug zur Thematik aufwiesen und sich mit Hochwasser, der Kritischen Infrastruktur Wasserversorgung und Infektionskrankheiten beschäftigten.

³⁰ Suchbegriffe auf Englisch: bacteria, critical infrastructure, diarrhoea, disaster, disruption, drinking water, epidemic, extreme weather event, failure, flood, flooding, gastroenteritis, infection, infectious disease, mains, natural disaster, outbreak, parasite, pathogen, virus, waterborne, water supply.

Um einen möglichst aktuellen Forschungsstand zu gewährleisten, wurden Reviews der letzten fünf Jahre, das heißt von 2003 bis 2008, eingeschlossen. Bei den Einzelstudien wurde der Zeitraum auf 15 Jahre ausgedehnt, um ein größeres Spektrum an Ereignissen einbeziehen zu können. Dieser Zeitraum umfasste die Zeit zwischen 1993 und 2008. Zur Auswahl der Reviews wurden solche berücksichtigt, die entweder weltweit angelegt oder auf Industrieländer bzw. Europa zentriert waren. Da sich Auswirkungen von Katastrophen auf die Bevölkerung in Entwicklungsländern stark von denen in Industrieländern unterscheiden, wurden bei den Einzelstudien nur solche in die Analyse einbezogen, die Ereignisse in Industrieländern beschreiben, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Das Ereignis „Augusthochwasser 2002“ fand unter anderem Erwähnung im Review von Menne & Ebi (2006) und war Gegenstand der Studie von Schnitzler et al. (2007).

2.6.2 Reviews

Die Reviews, in denen Literatur zur Thematik dieser Studie genauer untersucht wurde, sind in Tabelle 12 zusammengestellt. Hierzu gehörten die Reviews von Ahern et al. (2005), Charron et al. (2004), Few et al. (2004), Floret et al. (2006), Greer et al. (2008), Hajat et al. (2003), Hunter (2003), Ivers & Ryan (2006), Ligon (2006), McMichael et al. (2006), Menne & Ebi (2006), Neumann et al. (2005), Watson et al. (2007) und von Wilder-Smith (2005). Im Zusammenhang mit der Thematik spielten Aspekte des Klimawandels eine große Rolle. Daher widmeten sich mehrere dieser Reviews aus der Perspektive des Klimawandels der Kombination der drei Faktoren Hochwasser, Wasserversorgung und Gesundheit (Ahern et al. 2005, Charron et al. 2004, Few et al. 2004, Greer et al. 2008, Hunter 2003, McMichael et al. 2006, Menne & Ebi 2006).

Tabelle 12: Literatur-Reviews zum Zusammenhang zwischen Hochwasser, Wasserversorgung und Gesundheit

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Referenz	Untersuchungsraum	Ziel des Reviews	Ergebnisse
Hajat et al. 2003: The human health consequences of flooding in Europe and the implications for public health	Europa	Untersuchung der Gesundheitseffekte durch Hochwasser	Häufig: Ertrinken, Unfälle und psychische Probleme. Selten: erhöhtes Risiko für das Auftreten wasserbürtiger Infektionskrankheiten aufgrund eines hohen Standards der Gesundheits- und Wasserversorgungsinfrastruktur. Vulnerable Bevölkerungsgruppen sind anfälliger für Hochwasserauswirkungen.
Hunter 2003: Climate change and waterborne and vector-borne disease	Weltweit	Analyse der Auswirkung von Klimaveränderungen auf das Auftreten wasser- und vektorbürtiger Infektionskrankheiten	Es besteht ein erhöhtes Risiko für hochwasserbedingte Infektionen in Entwicklungsländern, aber nicht in Industrieländern, wenn die Wasserversorgung nicht durch Hochwasser beeinträchtigt ist. Trinkwasserassoziierte Ausbrüche sind häufig nach der Kontamination des Grundwassers mit Flutwasser. Ein erhöhtes Krankheitsrisiko besteht v. a. durch die Nutzung privater Hausbrunnen.
Charron et al. 2004: Vulnerability of waterborne diseases to climate change in Canada: a review	Kanada	Abschätzung des Risikos für wasserbürtige Infektionskrankheiten und gesundheitliche Auswirkungen des Klimawandels	Wetterextrema können das Risiko für das Auftreten wasserbürtiger Erkrankungen erhöhen. Für politische Konsequenzen ist die wissenschaftliche Basis zur Abschätzung von Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit noch unzureichend.
Few et al. 2004: Floods, health and climate change: a strategic review	Weltweit	Untersuchung der Auswirkungen von Hochwasser auf die Gesundheit sowie auf die Gesundheits- und Wasserversorgung und die Abwasserentsorgung	Industrieländer: keine starke Evidenz für hochwasserbedingte Ausbrüche von Infektionskrankheiten. Gesehen wird ein Zusammenhang zwischen Problemen mit der Wasserversorgung und Erkrankungen. Forderung nach einem verbesserten Monitoring und einer hochwasserbezogenen Surveillance.
Ahern et al. 2005: Global health impacts of floods: epidemiologic evidence	Weltweit	Untersuchung hochwasserbezogener Gesundheitsauswirkungen zur Abschätzung der Evidenz und Identifizierung von Wissenslücken	Geringe Evidenz eines Zusammenhangs zwischen Gesundheit und Hochwasser und speziell der hochwasserassoziierten Morbidität wasserbürtiger Infektionskrankheiten. Quantifizierung eines lokalen Risikos für Infektionskrankheiten notwendig.
Neumann et al. 2005: Waterborne disease: an old foe re-emerging?	Industrieländer	Abschätzung der Prävalenz wasserbürtiger Infektionskrankheiten zur Identifizierung des Potentials für ihr Auftreten bzw. erneutes Auftreten u. a. durch Extremereignisse wie Hochwasser	Demographische, soziale, umweltbezogene und physiologische Faktoren spielen zusammen bei der Übertragung und Entstehung wasserbürtiger Krankheiten. Nach Messung von Antikörpern gegen die Beispiel-Erreger <i>Cryptosporidium parvum</i> und <i>E. coli</i> O157 besteht die Vermutung, dass die endemische Exposition höher ist als bisher angenommen.
Wilder-Smith 2005: Tsunami in South Asia: what is the risk of post-disaster infectious disease outbreaks?	Weltweit	Untersuchung von Risiko und Prävention von Infektionskrankheiten durch Hochwasser und Erdbeben. Einschätzung der bestehenden Evidenz	Im Gegensatz zu Entwicklungsländern scheinen in Industrieländern Epidemien wasserbürtiger Infektionskrankheiten durch katastrophale Naturereignisse ungewöhnlich.
Floret et al. 2006: Negligible Risk for Epidemics after Geophysical Disasters	Weltweit	Abschätzung des Risikos für das Auftreten von Epidemien nach geophysikalischen Katastrophen zur Setzung von Prioritäten und zur angemessenen Verteilung von Ressourcen	Katastrophen können das Risiko für die Übertragung von Krankheiten durch eine fäkale Kontamination des Trinkwassers oder durch eine Unterbrechung der Wasserversorgung erhöhen. Eine Häufung akuter Gastroenteritiden wurde nach mehreren Katastrophen festgestellt. Ursachen: Verunreinigtes Trinkwasser und Hygienemängel. Von 600 Katastrophen gab es nur 3 gemeldete Ausbrüche: das scheint epidemiologischer Beweis, dass das Risiko für Epidemien sehr gering ist. Selten: Epidemiologische Untersuchungen nach Katastrophen sowie eine Einbeziehung „normaler“ Krankheitsraten oder Raten in Vergleichsgebieten.

Referenz	Untersuchungsraum	Ziel des Reviews	Ergebnisse
Ivers & Ryan 2006: Infectious diseases of severe weather-related and flood-related natural disasters	Weltweit	Analyse von Infektionskrankheiten nach Naturkatastrophen mit einem Fokus auf Hochwasser und der Zerstörung von Infrastruktureinrichtungen	Erhöhtes Risiko für das Auftreten von Atemwegserkrankungen, Durchfällen und vektorbürtigen Krankheiten auch in Industrieländern. Risiko ist ereignisspezifisch und davon abhängig, ob Pathogene endemisch sind bzw. ob Abwasserentsorgung und Wasser- und Gesundheitsversorgung funktionieren.
Ligon 2006: Infectious diseases that pose specific challenges after natural disasters: a review	Weltweit	Untersuchung von Ursachen, Symptomen und Behandlungsmöglichkeiten von Infektionskrankheiten bei Naturkatastrophen	Beeinträchtigung von Hygienemaßnahmen wird als häufigste Ursache für das Auftreten von Infektionskrankheiten angesehen. Übertragung der Infektionen über Wunden, Atemwegsorgane sowie durch kontaminiertes Wasser oder Lebensmittel.
McMichael et al. 2006: Climate change and human health: present and future risks	Weltweit	Zusammenstellung von Studien zur epidemiologischen Evidenz der Auswirkung von Klimaveränderungen auf verschiedene Krankheiten und die Beschreibung von Trends zukünftiger Entwicklungen	Häufung von Hochwasserereignissen, eventuell durch den Klimawandel verstärkt. Beobachtet wurde das Auftreten von Unfällen und Infektionskrankheiten während oder nach Hochwasserereignissen. Starkniederschläge erleichtern den Eintrag von Abwasser in Oberflächengewässer und in die Trinkwasserversorgung, so dass das Risiko für wasserbürtige Infektionen erhöht ist.
Menne & Ebi 2006: Climate change and adaptation strategies for human health	Europa	Untersuchung der Vulnerabilität der Gesundheit gegenüber Auswirkungen des Klimawandels	Mangel an räumlichen Mortalitäts- und Morbiditätsdaten zur Abschätzung der Klimawandelauswirkungen auf die Gesundheit. Maßnahmen der Sekundärprävention: Aufbau von Surveillance-Systemen u. a. für wasserbürtige Infektionskrankheiten. Geringes Risiko für das Auftreten von Infektionskrankheiten nach Hochwasser. Schwere Ausbrüche selten wegen gut funktionierender Public Health Infrastruktur, adäquater Wasseraufbereitung und effektiver Abwasserentsorgung.
Watson et al. 2007: Epidemics after natural disasters	Weltweit	Aufzeigen von Zusammenhängen zwischen dem Auftreten von Epidemien und Naturkatastrophen	Überschätzung des Risikos für Infektionskrankheiten: Risiko in Industrieländern eher gering. Hauptrisiko: Evakuierung in Notunterkünften. Zusammenspiel zwischen der Verfügbarkeit von sauberem Trinkwasser, Hygienemöglichkeiten, einer adäquaten Gesundheitsversorgung, der Belegung in Notunterkünften sowie dem Gesundheitszustand der Bevölkerung und dem örtlichen Vorkommen von Krankheitserregern. Das Auftreten von Durchfällen ist möglich nach Trinkwasserkontaminationen sowie durch Evakuierungen. Ein Ausfall Kritischer Infrastrukturen, v. a. der Stromversorgung, kann die Wasseraufbereitung und -versorgung unterbrechen und das Risiko für wasserbürtige Erkrankungen erhöhen.
Greer et al. 2008: Climate change and infectious diseases in North America: the road ahead	Nordamerika	Zusammenhang zwischen dem Klimawandel und einer Änderung des Auftretens von Krankheiten; Ziehen von Rückschlüssen für Public Health	Zunahme wasser- und lebensmittelbürtiger Erkrankungen durch den erleichterten Eintrag von Pathogenen in die Wasserversorgung durch Starkniederschläge und Hochwasser; leichtere Ausbreitung wasser- und lebensmittelbürtiger Erkrankungen in Notunterkünften während eines Flutereignisses.

Der Fokus dieser Reviews war unterschiedlich. Während bei Ahern et al. (2005), Few et al. (2004), Hajat et al. (2003) und Ivers & Ryan (2006) die Gesundheitsfolgen von Hochwasser im Vordergrund der Untersuchungen standen, behandelten die Reviews von Charron et al. (2004), Greer et al. (2008), Hunter (2003), McMichael et al. (2006) und von Menne & Ebi (2006) die Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit.

Ligon (2006) ging ausschließlich auf verschiedene Arten von Infektionskrankheiten durch Naturkatastrophen ein, und Wilder-Smith (2005) analysierte Literatur zu Hochwasser und Erdbeben, um das Risiko für das Auftreten von Infektionskrankheiten durch die Tsunami-Katastrophe in Südostasien 2004 abschätzen zu können. Neumann et al. (2005) betrachteten dagegen Hinweise, ob wasserbürtige Infektionskrankheiten, seien sie durch Starkniederschlagsereignisse oder durch Katastrophen wie Hochwasser oder Erdbeben ausgelöst, in Industrieländern tatsächlich selten auftreten.

Auch wenn das Ziel dieser Reviews unterschiedlich war, enthalten sie alle Aussagen zu dem Risiko für das Auftreten von Infektionskrankheiten im Zuge von Starkniederschlagsereignissen, Hochwasser oder Naturkatastrophen generell. Die Reviews von Few et al. (2004), Greer et al. (2008), Hunter (2003), Ivers & Ryan (2006), McMichael et al. (2006) sowie von Menne & Ebi (2006) berücksichtigten auch Beeinträchtigungen Kritischer Infrastrukturen und speziell der Wasserversorgung als einen Faktor, der das Auftreten von Infektionskrankheiten erhöhen kann.

Neumann et al. (2005) stellten zudem klar heraus, dass das Auftreten wasserbürtiger Infektionskrankheiten in Industrieländern häufig unterschätzt wird. Dieses Phänomen scheint bereits den Normalzustand zu betreffen, bei Extremsituationen wie Starkniederschlagsereignissen oder Naturkatastrophen liegt es jedoch häufig vor, ohne erkannt zu werden. Diese These belegen Untersuchungen zu Antikörpern der endemischen und häufig wasserbürtigen Krankheitserreger *Cryptosporidium parvum* und *E. coli O157* in der Bevölkerung. Unterstützt wird diese Annahme auch in dem Buch von Hruday & Hruday (2004) über „Safe Drinking Water. Lessons from Recent Outbreaks in Affluent Nations“, in dem Ursachen und Hintergründe von 69 wasserbürtigen Ausbrüchen von Infektionskrankheiten in Industrieländern zwischen 1970 und 2002 analysiert sind.

Eine kritische Diskussion über das Risiko für das Auftreten von Epidemien nach Naturkatastrophen wird von Floret et al. (2006) und Watson et al. (2007) geführt. Hintergrund ist in beiden Reviews, aber auch in einem Artikel von de Ville de Goyet zu „Epidemics after Natural Disasters: A Highly Contagious Myth“ (2007), die häufig über Medien verbreitete Angst vor

Epidemien nach Katastrophen mit vielen Todesfällen durch nicht sofort beerdigte Leichen. Konsens der beiden Reviews und des Artikels ist aber auch, dass wasserbürtige bzw. hygieneabhängige Infektionskrankheiten nach Katastrophen auch in Industrieländern dann gehäuft auftreten können, wenn Kontaminationen der Trinkwasserversorgung vorliegen oder es zu Ausfällen der Wasserversorgung und der Abwasserentsorgung kam.

2.6.3 Studien

Beispiele für Studien, in denen das Risiko für das Auftreten von Infektionskrankheiten im Zusammenhang mit Hochwasserereignissen und resultierenden Wasserversorgungsproblemen untersucht wurde, sind die von Aavitsland et al. (1996), dem CDC (1993b), Meier et al. (1998), Miettinen et al. (2001), Schnitzler et al. (2007) und von Wade et al. (2004) (siehe Tabelle 13).

Von diesen Studien bezog sich die Studie von Schnitzler et al. (2007) direkt auf das Augusthochwasser 2002. Eine Studie von Bigl et al. (2003), in der ebenfalls das Infektionsgeschehen während des Augusthochwassers untersucht wurde, berücksichtigte dagegen zwar verunreinigtes Trinkwasser als Gefahr für Krankheitshäufungen, beschränkte sich jedoch bei der Datenanalyse ausschließlich auf Erkrankungsdaten in Kreisen, die vom Hochwasser betroffen waren. Probleme mit der Wasserversorgung wurden hierbei nicht einbezogen. Daher ist die Studie von Bigl et al. (2003) nicht in der folgenden Auflistung enthalten, aber wird in Kapitel 2.7.3 ausführlicher behandelt.

Die ältesten zwei der ausgewählten Studien behandeln die gesundheitlichen Konsequenzen von Hochwasser im mittleren Westen der USA im Jahr 1993 (CDC 1993b, Meier et al. 1998). Während Meier et al. (1998) im Rahmen ihrer Fall-Kontroll-Studie trotz niedriger Fallzahlen einen signifikanten Zusammenhang zwischen Hochwasser, ausgefallener Wasserversorgung und dem Auftreten von Augeninfektionen ermittelten, berichtete das CDC (1993b) über die Anwendung einer hochwasserspezifischen Surveillance und kam zu dem Ergebnis, dass während der Beobachtungszeit ihrer Studie keine Ausbrüche hochwasserassoziierter Infektionskrankheiten auftraten. Auch Aavitsland et al. (1996) zeigten in ihrer Studie auf, dass Infektionskrankheiten trotz Wasserversorgungsausfällen bei Hochwasserereignissen nicht gehäuft gemeldet wurden.

In der Studie von Wade et al. (2004) wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen Hochwasser und dem Auftreten von Infektionskrankheiten festgestellt. Die Autoren, die in eine zufällig im Überflutungsgebiet durchgeführte Trinkwasserstudie Fragen zum hochwas-

serbedingten Auftreten von Durchfällen und zum Kontakt mit Flutwasser integrieren konnten, erhielten signifikant erhöhte Inzidenzraten gastrointestinaler Erkrankungen während des Hochwassers, die vor allem in den Gruppen der Personen mit gastrointestinalen Vorerkrankungen und der Personen älter als 50 Jahre auftraten. Dieser Effekt blieb auch unter Eliminierung der Personen bestehen, die angaben, Kontakt zu Flutwasser gehabt zu haben. Obwohl eine Kontamination des Rohwassers mit Fäkalcoliformen durch überflutete Kläranlagen aufgetreten war, lagen keine Beanstandungen des aufbereiteten Trinkwassers vor. Ob Trinkwasser das Vehikel der Übertragung gastrointestinaler Infektionserreger war, die vermutlich durch Noroviren ausgelöst wurden, oder ob es weitere Faktoren gab, blieb ungeklärt.

Miettinen et al. (2001) wählten einen anderen Weg als die bereits genannten Studien. Sie untersuchten die Hauptursachen für Epidemien wasserbürtiger Infektionskrankheiten in Finnland, die zwischen 1998 und 1999 gemeldet wurden. Hochwasser, das Auswirkungen auf die Wasserversorgung hatte, spielte hierbei neben anderen Faktoren eine wichtige Rolle.

Die Studie von Schnitzler et al. (2007), die im RKI im November 2002 mit Hilfe von Telefoninterviews in Sachsen durchgeführt wurde, hatte das Ziel, Informationen über die Auswirkungen des Augusthochwassers auf die Gesundheit sowie zu besonderen Bedürfnissen der Bevölkerung während derartiger Ereignisse zu erhalten. Wichtigstes Ergebnis für die vorliegende Studie war, dass bei 6,9% der Befragten (32 von 465) während oder kurz nach dem Flutereignis Durchfall auftrat, und dass das Risiko für Durchfall signifikant erhöht wurde durch die Variablen

- Hautkontakt mit Flutwasser (OR = 5,8 [KI 1,3-25,1]),
- weibliches Geschlecht (OR = 3,9 [KI 1,5-10,0]) sowie
- die Nutzung eines privaten Brunnens zur Trinkwasserversorgung (OR = 3,5 [KI 1,2-10,5]).

Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Nutzung der öffentlichen Wasserversorgung und gastrointestinalen Beschwerden wurde in der Studie von Schnitzler et al. (2007) nicht festgestellt. Ein enger Zusammenhang zeigte sich dagegen zwischen Unfällen, die 11,7% der Befragten trafen, und einem Hautkontakt mit Flutwasser (vgl. Tabelle 13).

Tabelle 13: Studien zum Zusammenhang zwischen Hochwasser, Wasserversorgung und Infektionskrankheiten

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Referenz	Ereignis, Untersuchungsraum und -zeit	Ziel der Studie	Studien-design	Methoden	Ergebnisse
CDC 1993b: Public health consequences of a flood disaster - Iowa, 1993	Hochwasser in den 99 Bezirken Iowas, USA, Juli 1993, 2.700.000 Betroffene	Aufbau eines „Public Health Assessment“ zur wöchentlichen Surveillance hochwasserbezogener Gesundheitsprobleme	Beobachtungsstudie	Telefonsurvey und Fragebogen zu medizinischen, pharmazeutischen und Public Health-relevanten Einrichtungen, zur Betroffenheit der Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung und zur Entwicklung von Vektorpopulationen; wöchentliche bzw. tägliche Surveillance der Nutzung von Public Health-Einrichtungen sowie von Durchfallerkrankungen, hochwasserbezogenen Erkrankungen, Unfällen und psychischen Problemen	5 der 99 Bezirke mit Ausfall der ärztlichen Primärversorgung, 8 mit Einschränkungen der Public Health-Infrastruktur, 31 mit Schäden und 1 mit Ausfall der Wasserversorgung (> 250.000 Betroffene, d. h. 9% der Bevölkerung), 31 mit Schäden und 10 mit ausgefallener Abwasserentsorgung. Kein Ausbruch von Durchfallerkrankungen.
Aavitsland et al. 1996: Infections during the 1995 flood in Ostlandet. Prevention and incidence	Hochwasser in Ostnorwegen, Mai-Juni 1995, Wasserversorgung von 150.000 Einw. betroffen	Monitoring wasserbürtiger Krankheiten, da Wasserversorgung gefährdet; Schutz der Wasserversorgung und Hinweise zur Vermeidung von Flutwasserkontakt	Beobachtungsstudie	Analyse der Inzidenzraten akuter Gastroenteritiden und anderer hochwasserbezogener übertragbarer Krankheiten der 329.000 betroffenen Einw.	Keine messbare Erhöhung der Inzidenzraten akuter Gastroenteritiden oder anderer hochwasserbezogener Infektionskrankheiten.
Meier et al. 1998: An Epidemic of Presumed <i>Acanthamoeba keratitis</i> that followed regional flooding	Hochwasser in Iowa, USA, Studie zwischen Juli 1993 und Dezember 1994	Untersuchung eines <i>Acanthamoeba keratitis</i> -Ausbruchs zur Identifizierung von Risikofaktoren	Fall-Kontroll-Studie	Paarweise gematchte Fall-Kontroll-Studie mit 31 <i>Acanthamoeba keratitis</i> -Fällen. Identifizierung von Risikofaktoren mit logistischer Regressionsanalyse. Stratifizierung der Bezirke Iowas nach Betroffenheit der Wasserversorgung und Berechnung der bevölkerungsbezogenen Inzidenzraten	Unabhängige Prädiktoren: Kontaktlinsen (Odds Ratio (OR)=44,16 [KI 2,02-966,6]), Angeln (OR=22,62 [KI 1,35-380,38]); protektive Faktoren: Luftbefeuchter im Haus (OR=0,08 [KI 0,008-0,844]), Nutzung eines privaten Hausbrunnens (OR=0,12 [KI 0,11-1,29]). 29 <i>Acanthamoeba</i> -Fälle in Bezirken mit hochwasserschädigter Wasserversorgung: Inzidenzrate 10-fach höher als in hochwasserfreien Bezirken (RR=10,83 [KI 1,48-79,49], p<0,003): Hochwasserassoziation vermutet.
Miettinen et al. 2001: Waterborne epidemics in Finland in 1998-1999	14 Epidemien wasserbürtiger Infektionskrankheiten, Finnland, 1998-1999	Ursachenanalyse wasserbürtiger Epidemien	Beobachtungsstudie	Deskriptive Analyse der Epidemien nach Betroffenenzahl, Art der Wasserversorgung (öffentlich oder privat), Ursachen (Aufbereitungsprobleme, Hochwasser) und eingeleiteten Public Health Maßnahmen	7300 Erkrankungsfälle: 8 Norovirus- und 3 Campylobacteriose-Epidemien; Ursachen: Kontamination durch Leitungsnetzschäden, Hochwasser, unzureichende Aufbereitung, Oberflächenabfluss und Risse; 13 Epidemien assoziiert mit ungechlortem Grundwasser und 1 mit Oberflächenwasser.

Referenz	Ereignis, Untersuchungsraum und -zeit	Ziel der Studie	Studien-design	Methoden	Ergebnisse
Wade et al. 2004: Did a severe flood in the Midwest cause an increase in the incidence of gastrointestinal symptoms?	Hochwasser des Mississippi, USA, April-Mai 2001	Abschätzung, ob Durchfall-Inzidenz während des Hochwassers erhöht war und ob Kontakt mit Flutwasser das Risiko für gastrointestinale Infektionen erhöht hat	Interventionsstudie	1.110 Teilnehmer aus laufender Trinkwasserinterventionsstudie WET (Water Evaluation Trial) zu privater Trinkwasseraufbereitung; Messung von <i>Campylobacter</i> , <i>Giardia</i> , Enteroviren sowie Fäkal- und Gesamtcoliformen im Rohwasser und im aufbereiteten Trinkwasser; Poisson-Regression mit Generalisierter Schätzgleichung (Generalized Estimating Equation) zur Berechnung der Incidence Rate Ratios (IRR)	Rohwasser durch überflutete Kläranlagen kontaminiert, aber Trinkwasser ohne Beanstandung. Inzidenzraten für gastrointestinale Infektionskrankheiten während des Hochwassers erhöht (IRR=1,29 [KI 1,06-1,58]); v. a. für gegenüber Durchfall sensitive Personen und Personen älter als 50 Jahre; Effekt bleibt, wenn Faktor Flutwasserkontakt eliminiert ist. Signifikanter Zusammenhang zwischen Überschwemmung von Haus/Garten und Durchfall (IRR= 2,36 [KI 1,37, 4,07]).
Schnitzler et al. 2007: Survey on the Population's Needs and the Public Health Response during floods in Germany 2002	Überschwemmungsgebiete in Sachsen, November 2002	Untersuchung von Durchfällen, Unfällen und Bevölkerungsbedürfnissen (Impfungen, Evakuierungen, Hilfsangebote)	Querschnittsstudie mit Elementen einer Fall-Kontroll-Studie	Telefonsurvey; Logistische Regressionen (univariate und multivariate Analysen)	32 von 465 Befragten litten an Durchfall, 55 von 472 hatten Unfälle. Hauptursachen für Durchfall nach multivariater Analyse: Hautkontakt mit Flutwasser (OR=5,8 [KI 1,3-25,1]), weibliches Geschlecht (OR=3,9 [KI 1,5-10,0]) und Nutzung eines privaten Trinkwasserbrunnens (OR=3,5 [KI 1,2-10,5]). Signifikanter Risikofaktor für Unfälle nach multivariater Analyse: Hautkontakt mit Flutwasser (OR=17,8 [KI 2,4-130,5]). Kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Nutzung von nicht abgekochtem oder abgekochtem Leitungswasser: abgekocht: OR=0,5 (KI 0,2-1,2), nicht abgekocht: OR=0,4 (KI 0,1-3,3).

2.6.4 Synopse der Reviews und Studien

Während die einzelnen Studien ein eher heterogenes Bild eines Zusammenhangs zwischen Auswirkungen einer Katastrophe auf die Kritische Infrastruktur Wasserversorgung und einem sich hieraus ergebenden Potential für ein vermehrtes Auftreten von Infektionskrankheiten zeichnen, sind die Ergebnisse der Reviews verhältnismäßig eindeutig.

Von allen bis auf eines der 14 Reviews wurde die Möglichkeit für das Auftreten erhöhter Fallzahlen von Infektionskrankheiten aufgrund von Ausfällen der Wasserversorgung bzw. Überschwemmungen von Abwasseranlagen und einer damit zusammenhängenden Kontamination der Rohwasserressource mit resultierender Beeinträchtigung der Trinkwasserqualität gesehen. Einzig der Review von Charron et al. (2004) traf diesbezüglich keine Aussage, da die Evidenz für politische Folgerungen in Kanada bisher zu gering sei (vgl. Tabelle 14).

Konsens der übrigen Reviews ist, dass das Risiko für das Auftreten großer Epidemien in Industrieländern nach Katastrophenereignissen als gering eingeschätzt wird, wenn die Public Health Infrastruktur während eines Katastrophenereignisses weiterfunktioniert, so dass durch Public Health Maßnahmen größere Ausbrüche von Infektionskrankheiten verhindert werden können. Wie bereits in Kapitel 2.5.3 erwähnt, wird jedoch darauf hingewiesen, dass bei einem Ausfall der Wasserversorgung und der Abwasserentsorgung auch in Industrieländern das Risiko für ein gehäuftes Auftreten von Infektionskrankheiten ansteigt (Hunter 2003).

Tabelle 14: Zusammenfassung der Ergebnisse der Literatur-Reviews

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Autoren	Zusammenhang zwischen einer hochwasserbetroffenen Wasserversorgung und dem Infektionsgeschehen
Ahern et al. 2005	Ja
Charron et al. 2004	Bisher keine ausreichende Evidenz
Few et al. 2004	Ja
Floret et al. 2006	Ja
Greer et al. 2008	Ja
Hajat et al. 2003	Ja
Hunter 2003	Ja
Ivers & Ryan 2006	Ja
Ligon 2006	Ja
McMichael et al. 2006	Ja
Menne & Ebi 2006	Ja
Neumann et al. 2005	Ja
Watson et al. 2007	Ja
Wilder-Smith 2005	Ja

In zwei der sechs Studien wurde ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität und dem Auftreten von Infektionskrankheiten festgestellt (Meier et al. 1998, Mietinen et al. 2001; vgl. Tabelle 15). Kein Zusammenhang fand sich dagegen in zwei der betrachteten Studien (Aavitsland et al. 1996, CDC 1993b). Eine Studie fand zwar während des Hochwasserereignisses signifikant erhöhte Inzidenzraten, aber trotz Kontaminationen der Rohwasserressource durch überflutete Kläranlagen konnte im Trinkwasser kein Hinweis auf Krankheitserreger festgestellt werden (Wade et al. 2004). Eine weitere Studie konnte nur einen positiven Nachweis für ein gehäuftes Auftreten von Durchfallerkrankten in der Gruppe der Personen, die Trinkwasser aus privaten Hausbrunnen bezog, ermitteln, nicht jedoch in der Gruppe, die an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen war (Schnitzler et al. 2007).

Tabelle 15: Zusammenfassung der Studienergebnisse

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Autoren	Zusammenhang zwischen einer hochwasserbetroffenen Wasserversorgung und dem Infektionsgeschehen
CDC 1993b	Nein
Aavitsland et al. 1996	Nein
Meier et al. 1998	Ja
Miettinen et al. 2001	Ja
Wade et al. 2004	Ja, aber kein Hinweis auf Krankheitserreger im Trinkwasser
Schnitzler et al. 2007	Öffentliche Versorgung: Nein; private Hausbrunnen: Ja

In mehreren der in diesem Kapitel betrachteten Reviews und Studien wurde die Notwendigkeit für einen weiteren Forschungsbedarf formuliert. So scheinen die Auswirkungen von Hochwasser auf Durchfallerkrankungen sowie Folgen der (Zer-)Störung von Wasserversorgungseinrichtungen und anderen lebensnotwendigen Systemen auf die Gesundheit der Bevölkerung bisher nicht hinreichend untersucht (siehe z.B. Ahern et al. 2005, Few et al. 2004, Floret et al. 2006, Greenough et al. 2001, Hajat et al. 2003, Menne & Ebi 2006).

2.7 Die Naturkatastrophe „Augusthochwasser 2002“

Ausgehend von den Ergebnissen des Literatur-Reviews in Kapitel 2.6 wird geschlussfolgert, dass zu den gesundheitlichen Auswirkungen der Naturkatastrophe Augusthochwasser 2002 bisher nur die Untersuchung von Schnitzler et al. (2007) vorliegt, in der die Art der Wasserversorgung (Nutzung von privaten Hausbrunnen versus öffentliche Wasserversorgung) mit Durchfallerkrankungen in Verbindung gebracht wurde.

In der Literatur sind jedoch speziell für die öffentliche Wasserversorgung sowie auch für andere Kritische Infrastrukturen weitere, unten näher spezifizierte Auswirkungen des Augusthochwassers 2002 beschrieben, welches als Jahrhunderthochwasser bezeichnet und in Deutschland mit der Sturmflut 1962 in Hamburg, mit dem Magdalenen-Hochwasser im Jahre 1342, bei dem „sämtliche größere Flüsse zwischen Nordsee und Mittelmeer Hochwasser führten“, sowie mit mehreren Flutereignissen im Elberaum zwischen den Jahren 1501 und 1890 verglichen wird (Münchener Rück 2003).

2.7.1 Ursachen und Folgen

Ursache des Augusthochwassers war eine Vb-Großwetterlage³¹, die Anfang August 2002 vor allem Ost- und Südostdeutschland, Österreich sowie Böhmen in der Tschechischen Republik traf und im Alpenraum sowie im Erz- und Riesengebirge zu mehrtägigen Extremniederschlägen und zu Fluten im Einzugsgebiet von Elbe, Donau und Moldau führte (Münchener Rück 2003).

Die Extremniederschläge erreichten in Deutschland Rekordwerte seit der systematischen Wetteraufzeichnung. In dem Ort Zinnwald-Georgenfeld in Sachsen wurde am 12. August 2002 eine Tagesniederschlagshöhe von 312 mm registriert, die vierfache durchschnittliche Niederschlagsmenge des Monats August. Im Osten Deutschlands kam es zu einem raschen Anstieg der Pegelstände kleinerer Flüsse, wie z.B. der Flöha, Freiberger Mulde, Müglitz, Rote Weißeritz, Wilde Weißeritz, Zschopau und Zwickauer Mulde, die das Erzgebirge nach Norden entwässern. Im Zuge der ersten Hochwasserwelle wurden Sturzfluten ausgelöst und es kam zu starken Überschwemmungen in den Erzgebirgstälern sowie zum Brechen von Rückhaltebecken und zum Überlaufen von Talsperren (Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge (DKKV) 2003, LfUG 2004a, SMUL 2003; siehe auch Karte 1).

In den Folgetagen erreichten weitere Wassermassen aus der Tschechischen Republik über die Elbe Sachsen und Sachsen-Anhalt, wodurch die zweite Hochwasserwelle ausgelöst wurde. Durch eine deutliche Verminderung des Hochwasserabführungspotentials aufgrund bereits regengesättigter Böden sowie einer hohen Siedlungsdichte entlang der begradigten Flussläufe und nicht ausreichender Retentionsräume erreichten die Flusswasserstände vor allem an Elbe

³¹ Als „Vb-Großwetterlage“ werden Tiefdruckgebiete bezeichnet, deren Zugbahn von der Adria nordwärts über Österreich, Ungarn und die Tschechische Republik nach Polen führt. Überdurchschnittliche Niederschläge sind charakteristisch, da diese Tiefs südlich der Alpen meist feuchte Warmluft aus der Mittelmeerregion in ihre Zirkulation einbeziehen und im weiteren Verlauf nach Norden transportieren, wo durch Hebungsvorgänge der in der Luft enthaltene Wasserdampf kondensiert und als Niederschlag ausfällt (Deutscher Wetterdienst 2002).

und Mulde Höchstwerte. Der Wasserstand der Elbe wies z.B. am Pegel Dresden eine Höchstmarke von 9,40 m bei einem Durchfluss von 4.680 m³/s auf; der Durchschnittswert beträgt hier normalerweise 2 m. Im Vergleich dazu betrug der Wasserstand am Pegel Dresden beim größten bisher registrierten Hochwasser im März 1845, verursacht durch Eisstau, eine Höhe von 8,77 m und einen Scheitelabfluss von 5.700 m³/s (DKKV 2003). Großflächige Überflutungen, die verstärkt wurden durch Deichbrüche und unvermeidbare Deichsprengungen, waren die Folge (Freistaat Sachsen 2003, Internationale Kommission zum Schutz der Elbe 2004, Ministerium des Innern des Landes Sachsen-Anhalt o. J., Rudolf & Rapp 2003; siehe auch Karte 1).

In Deutschland wiesen Sachsen und Sachsen-Anhalt die schwersten Schäden auf (vgl. auch Tabelle 16), aber auch Bayern, Brandenburg, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern sowie Schleswig-Holstein waren zum Teil stark von dem Hochwasser betroffen (Bundesanstalt für Gewässerkunde 2002, Landesumweltamt Brandenburg 2002, Ministerium des Innern des Landes Sachsen-Anhalt o. J.). Das Hochwasser an Elbe und Mulde im August 2002 hatte direkte Auswirkungen auf etwa 370.000 Menschen. Die Schäden beliefen sich in Deutschland auf 11 Milliarden Euro und in ganz Europa auf 20 Milliarden Euro (Mahrenholz et al. 2005, Münchener Rück 2007a, UBA 2006).

Das Hochwasser führte in vielen Ortschaften – insbesondere in Sachsen und Sachsen-Anhalt – zu katastrophalen Situationen, die mit eigener Hilfe nicht mehr bewältigt werden konnten. Tabelle 16 gibt einen Überblick über die Kreise Sachsens und Sachsen-Anhalts, in denen während des Auguthochwassers Katastrophenalarm ausgelöst wurde.^{32, 33} Der Beginn und die Dauer des ausgelösten Katastrophenalarms reflektieren die Exposition gegenüber den beiden Hochwasserwellen. Zu den Kreisen mit Katastrophenalarm zählten 17 von 29 Kreisen in Sachsen und zehn von 24 Kreisen in Sachsen-Anhalt. In den 17 sächsischen Kreisen lag der Median bei sechs Tagen mit Katastrophenalarm, und in den zehn Kreisen Sachsen-Anhalts betrug er 12,5 Tage. Einem nur wenige Stunden andauernden Katastrophenalarm in den Landkreisen Chemnitzer Land und Stollberg sowie im Stadtkreis Görlitz standen 41 Tage im Landkreis Sächsische Schweiz gegenüber. Aus dem Landkreis Zwickauer Land und aus den

³² Auslösung und Aufhebung von Katastrophenalarm durch die unteren Katastrophenschutzbehörden (§ 19 Abs. 1 des Gesetzes über den Katastrophenschutz im Freistaat Sachsen, SächsKatSG, vom 24.03.1999 (mittlerweile abgelöst durch § 47 Abs. 1 und 2 des Sächsischen Gesetzes über den Brandschutz, Rettungsdienst und Katastrophenschutz (SächsBRKG) vom 24.06.2004); § 16 des Katastrophenschutzgesetzes des Landes Sachsen-Anhalt (KatSG-LSA) vom 05.08.2002).

³³ Bei der Kreiseinteilung handelte es sich um die Landkreisstruktur vor den Kreisgebietsreformen in Sachsen im Jahr 2008 und in Sachsen-Anhalt im Jahr 2007, die die Zusammenlegung mehrerer Kreise bzw. Kreisgebiete zur Folge hatte.

beiden Stadtkreisen Chemnitz und Zwickau ist dagegen dokumentiert, dass kein Katastrophenalarm ausgelöst wurde, weil die Hochwassersituation beherrschbar schien (Ministerium des Innern des Landes Sachsen-Anhalt o. J., von Kirchbach et al. 2002).

Tabelle 16: Katastrophenalarm während des Augusthochwassers 2002 in Sachsen und Sachsen-Anhalt

Quellen: Freistaat Sachsen 2003, Ministerium des Innern des Landes Sachsen-Anhalt o. J., von Kirchbach et al. 2002; eigene Darstellung 2009.

Bundesland	Kreis	Katastrophenalarm	Dauer in Tagen
Sachsen	LK Annaberg	12.08.-13.08. 2002	2
	LK Aue-Schwarzenberg ^a	12.08.-14.08. 2002	3
	LK Chemnitzer Land ^b	13.08. 2002	1
	LK Delitzsch	13.08.-27.08. 2002	15
	LK Döbeln	12.08.-14.08. 2002	3
	LK Freiberg	12.08.-16.08. 2002	5
	LK Meißen	13.08.-19.08. 2002	7
	LK Mittlerer Erzgebirgskreis	12.08.-17.08. 2002	6
	LK Mittweida	12.08.-14.08. 2002	3
	LK Muldentalkreis	13.08.-21.08. 2002	9
	LK Riesa-Großenhain	14.08.-26.08. 2002	13
	LK Sächsische Schweiz	12.08.-21.09. 2002	41
	LK Stollberg ^c	13.08. 2002	1
	LK Torgau-Oschatz	14.08.-22.08. 2002	9
	LK Weißeritzkreis	12.08.-27.08. 2002	16
	SK Dresden	12.08.-26.08. 2002	15
SK Görlitz ^d	14.08. 2002	1	
Sachsen-Anhalt	LK Anhalt-Zerbst	15.08.-26.08. 2002	12
	LK Bitterfeld	13.08.-13.09. 2002	32
	LK Jerichower Land	16.08.-26.08. 2002	11
	LK Köthen	15.08.-26.08. 2002	12
	LK Ohre-Kreis	15.08.-26.08. 2002	12
	LK Schönebeck	15.08.-27.08. 2002	13
	LK Stendal	15.08.-28.08. 2002	14
	LK Wittenberg	15.08.-28.08. 2002	14
	SK Dessau	13.08.-13.09. 2002	32
SK Magdeburg	15.08.-26.08. 2002	12	

a. für Aue/Zwickauer Mulde

b. 1.45h bis 18.12h

c. für die Stadt Thalheim und die Gemeinde Burkhardtsdorf, 1, 57h bis 24.00h

d. 14.00h bis 21.36h

2.7.2 Infrastrukturschäden

Hohe Fließgeschwindigkeiten der hochwasserführenden Flüsse und Bäche führten zu Erosionen, durch die viele Kritische Infrastrukturen beeinträchtigt, beschädigt oder zerstört wurden. Hierzu gehörten Ver- und Entsorgungsanlagen wie z.B. Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen, Leitungen, Brücken, Straßen, das Schienennetz der Bahn, Bahnhöfe sowie Telekommunikationseinrichtungen. Auch Unternehmen und Industrieanlagen, wie z.B. der chemischen Industrie, wurden zerstört oder stark beschädigt. In vielen Ortschaften waren Ausfälle oder Abschaltungen der Stromversorgung und des Telefonnetzes, der Wasserversorgung und der Abwasserentsorgung sowie Beeinträchtigungen der Gesundheitsversorgung die Folge (Deutsche Rückversicherung 2002, Freistaat Sachsen 2003, Habersack & Moser 2003, Ministerium des Innern des Landes Sachsen-Anhalt o. J., Münchener Rück 2005, Queste et al. 2005, LfUG 2004b, LfUG 2002b).

Auswirkungen auf die Wasserversorgung

Die Überflutung von Abwasseranlagen, aber auch von Weideflächen, Industrieflächen, von insbesondere mit Schwermetallen des Erzbergbaus kontaminierten Altlastflächen, besiedelten Flächen und Häusern mit ungesicherten Heizöltanks gefährdete die Wasserversorgung und die Qualität des aus Oberflächenwasser bzw. aus Grundwasser gewonnenen Trinkwassers. Allein in Sachsen-Anhalt ereigneten sich 527 Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen, die vor allem aufgrund von Schäden an aufgeschwemmten und undichten Heizöltanks entstanden (Statistisches Landesamt Sachsen-Anhalt 2003). In verschiedenen Studien wurden daher mikrobielle und chemische Belastungen des Wassers in Flüssen und Talsperren sowie im Grund- und Trinkwasser untersucht (vgl. z.B. Geller et al. 2004).

Die Studien von Karrasch et al. (2004), Strauch et al. (2004) und von Rohayem et al. (2006) zeigten z.B. die Auswirkungen des Augusthochwassers auf die Wasserqualität der Elbe bzw. ihrer Nebenflüsse unter anderem in Trinkwassereinzugsgebieten von Wasserwerken im Mulde- und Elbegebiet (Strauch et al. 2004). In allen drei Studien war ein Einfluss von Abwasserkontaminationen auf die mikrobiologischen Belastungen des Flusswassers bzw. des Flussschlammes erkennbar, obwohl in der Studie von Rohayem et al. (2006) die Virenfunde eher auf eine kontinuierliche Belastungsquelle hindeuteten und nicht nur auf den Hochwassereinfluss.

Hauptziel der Studien von Marre et al. (2005) und von Piechniczek (2004) waren die Untersuchungen des Einflusses des Hochwassers auf die Grundwasserdynamik und -beschaffenheit. Ergebnisse dieser Studien veranschaulichten, dass die chemischen Parameter (unter anderem

halogenierte Kohlenwasserstoffe, Sulfat und Nitrat) durch das Hochwasser verändert wurden, wodurch es zu einer leichten Verschlechterung der Grundwasserqualität im Herbst 2002 kam. Auch die Grundwasserspiegel waren stark erhöht, was sich vor allem auf die Uferfiltrat-Wasserfassungsanlagen auswirkte (Marre et al. 2005).

Grundwasser ist gefährdet, wenn durch Hochwasser Schadstoffe und Mikroorganismen aus dem Oberflächenwasser aufgrund einer beeinträchtigten Kolmationsschicht (Schutzschicht im Boden) relativ unfiltriert in den oberen Grundwasserleiter gelangen können. Durch das Auguthochwasser war die Wahrscheinlichkeit für eine erhöhte Anzahl an coliformen Bakterien und Koloniezahlen in Ufernähe gegeben. Während des Auguthochwassers 2002 zeigten nach dem LfUG (2003a) und Wricke et al. (2003) Messwerte verschiedener Wasserversorgungsunternehmen, die Wasserwerke an Elbe und Mulde mit Uferfiltratgewinnung betreiben, eine deutliche Zunahme der Anzahl coliformer Bakterien und der Koloniezahlen bei 22°C und bei 36°C an (vgl. auch Bericht 3). Konträr hierzu ermittelten Böhme et al. (2005) keine Güteverschlechterung von Trinkwasser, das aus Uferfiltrat gewonnen wurde.

Durch überflutete Abwasseranlagen, und hier vor allem durch überflutete Kläranlagen, und daraus resultierenden Kontaminationen des Trinkwassers einerseits sowie durch Unterbrechungen und Zerstörungen von Anlagen und Leitungen des Versorgungsnetzes andererseits war die Wasserversorgung in mehreren vom Hochwasser betroffenen Kreisen problematisch. So ist z.B. im Grundsatzplan der öffentlichen Wasserversorgung des SMUL und des LfUG (2002, S. 24) zu lesen „...Die einzelnen Abweichungen von Grenzwerten der TrinkwV waren regelmäßig so gering, dass keine öffentlichen Verteilungsanlagen wegen Qualitätsproblemen abgeschaltet werden mussten, abgesehen vom Hochwasserereignis im August 2002.“ Piechniczke (2004) nennt in einer Übersicht über betroffene Wasserversorgungsanlagen im Zuständigkeitsbereich des Staatlichen Umweltafchamtes Radebeul die DREWAG Stadtwerke Dresden GmbH, die Wasserversorgung Riesa-Großenhain GmbH und den Zweckverband Brockwitz-Rödern (Landkreis Meißen), in denen einzelne Wasserfassungsanlagen überflutet wurden bzw. in denen das Wasserwerk durch einen Strom- und Rohwasserausfall abgeschaltet werden musste, wodurch es zu Kapazitätsausfällen kam.

In Sachsen wurden typische Schäden und Beeinträchtigungen der Wasserversorgung durch das Auguthochwasser in einer vom DVGW und dem Sächsischen Ministerium für Umwelt und Landwirtschaft in Auftrag gegebenen Studie dokumentiert, für die zwölf Vertreter von Wasserversorgungsunternehmen unterschiedlicher Größe und Unternehmensform Sachsens bzw. Sachsen-Anhalts nach ihren Hochwasser-Erfahrungen befragt wurden (Bericht 3).

Bericht 3: Auswirkungen des Hochwassers 2002 auf die Wasserversorgung Sachsens und Sachsen-Anhalts

Die Auswirkungen des Hochwassers auf ausgewählte Wasserversorgungsunternehmen in Sachsen und Sachsen-Anhalt waren hauptsächlich technischer Art. Ausfälle der Energie-, Mess-, Steuer- und Regeltechnik (EMSR) traten auf, weil z.B. technische Geräte in gefluteten Kellerräumen der Versorgungsunternehmen untergebracht waren. Beeinträchtigt war auch die Trinkwasserqualität, die stark von der Rohwasserressource, von der Art und Lage der Fassungsanlagen sowie vom Umfang der Zerstörung von Anlagen und Leitungsnetzen abhängig war:

- Grundwasserfassungsanlagen waren unter extremen Bedingungen in der Nähe von Flussläufen durch eine verstärkte Zuströmung von Uferfiltrat und einer damit zusammenhängenden erhöhten Trübung und mikrobiologischen Belastung des Rohwassers vom Hochwasser betroffen.
- Für Trinkwasser, das aus Uferfiltrat bzw. aus angereichertem Grundwasser gewonnen wurde, traten Güteverschlechterungen durch eine erhöhte Trübung und einen Anstieg mikrobieller Belastungen auf. Das galt vor allem für gewässernahe Fassungsanlagen. In allen Anlagen konnte eine erhöhte Zuströmung von Uferfiltrat festgestellt werden, und so waren v. a. großräumige Grundwasserleiter mit Uferfiltrat gefüllt. Die Folge war eine relativ lang andauernde Beeinflussung der Uferfiltratbeschaffenheit nach dem Hochwasser. Zur Kompensation der Trübung musste die Flockungsmitteldosis erhöht werden. Bei der Wiederinbetriebnahme überfluteter Brunnen erfolgte eine Spülung, und Chlor wurde in erhöhten Konzentrationen zugesetzt.
- Wurde Quellwasser zur Wassergewinnung genutzt, lag ein erheblicher Anstieg der Trübung durch die Starkniederschläge vor. Quellfassungen wurden außer Betrieb genommen, da hier keine Aufbereitungsanlagen vorhanden waren.
- Die Hochwasserauswirkungen auf Talsperrenwasser traten erst mit einer Zeitverzögerung zutage, da sich in Talsperren Wasserschichten abhängig von der Jahreszeit verändern. Sehr hohe Trübstoffe, kombiniert mit erhöhten organischen Belastungen, erhöhten Manganwerten und erhöhten Schwermetallkonzentrationen betrafen so nach mehreren Wochen auch die Entnahmehorizonte für die Wassergewinnung, die daraufhin geändert werden mussten.

Mit dem Anstieg der Rohwassertrübung wurde eine deutliche Erhöhung der Flockungsmitteldosierung notwendig. Resultat war die Entstehung größerer und labilerer Flocken mit hoher Anfälligkeit gegen Scherkräfte, die beim Transport zum Wasserfilter zerstört wurden. Hierdurch verschlechterte sich wiederum die Filterbarkeit. Folge war, dass Reinwasser mit erhöhten Trübungswerten abgegeben wurde. Eine Anpassung der Desinfektionsmitteldosierung erfolgte aufgrund des Zehrungsverhaltens, und häufig waren eine Erhöhung der Chlordosis sowie Nachchlorungen erforderlich.

Zur Desinfektion und hygienischen Sicherheit im Leitungsnetz wurde die Desinfektionsmitteldosis in vielen Wasserwerken erhöht, wodurch jedoch auch die Chlor-Nebenproduktkonzentration anstieg (THM-Bestandungsquote in Sachsen im Jahr 2002: 16,4%, im Jahr 2001: 2,6%, LUA Sachsen 2003). Bei mikrobiologischen Beanstandungen bzw. nach Versorgungsunterbrechungen wurden Nachchlorungen durchgeführt. Die Aussprache von Abkochgeboten erfolgte, wenn trotz einer Erhöhung der Chlordosis positive mikrobiologische Befunde vorlagen, unzureichend aufbereitetes Wasser in das Netz eingespeist wurde oder wenn Zerstörungen im Leitungsnetz vorlagen, so dass ein Eintrag von Oberflächenwasser nicht ausgeschlossen werden konnte. Ein umfangreiches Netzmesskontrollprogramm zur Güteüberwachung ergänzte die präventiven Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung.

Traten Zerstörungen im Rohrleitungsnetz auf, fielen Aufbereitungs- und Pumpstationen aus oder wurde die Energieversorgung abgeschaltet, erfolgten Notversorgungs-Maßnahmen zur Verhinderung der Versorgungsunterbrechung, wie die Sicherung der Energieversorgung durch Notstrommaßnahmen, die Inbetriebnahme von Verbundsystemen und Ersatzfassungsanlagen, der Anschluss an andere Wasserversorgungsunternehmen über mobile Leitungen, der Einsatz von Wasserwagen und die Verteilung von Wasserflaschen (Wricke et al. 2003, Wricke 2004, von Kirchbach et al. 2002).

Die Ergebnisse zeigten, wie in Bericht 3 dargestellt, dass das Hochwasser sowohl Auswirkungen auf die Wasserversorgungsanlagen als auch auf die Trinkwasserqualität hatte, und dass die Auswirkungen von der Art der Rohwasserressource, der Art und Lage der Fassungsanlagen, der Art der Aufbereitung und vom Zustand der Leitungsnetze abhängig waren (Wricke 2004, Wricke et al. 2003).

Bedingt durch das Hochwasser waren in Sachsen kurzzeitig mehr als 655.000 Einwohner von bakteriologischen Beanstandungen des Trinkwassers betroffen. Allein im Regierungsbezirk Leipzig entsprach dies 60,2% der Einwohner und in Sachsen insgesamt waren es 16,6% der Einwohner (LUA Sachsen 2003).

Abkochgebote lagen unter anderem für die Kreise Meißen, Muldentalkreis und Leipzig vor, und Stromabschaltungen führten im Stadtkreis Zwickau und in den Landkreisen Meißen, Freiberg und Mittlerer Erzgebirgskreis zu Störungen der Trinkwasserversorgung und zum Teil auch zum Ausfall von Kläranlagen (LUA Sachsen 2003, von Kirchbach et al. 2002). Aus Dresden wurde berichtet, dass aufgrund des Stromausfalls über mehrere Tage das Abkochen des Trinkwassers nicht möglich war (Meusel & Kirch 2005).

Im Nachgang des Hochwassers wurden zerstörte Leitungssysteme ersetzt, die Wasserversorgung wurde umstrukturiert und es erfolgte eine Hochwassersicherung von Fassungs- und Aufbereitungsanlagen (Piechniczek 2004, SMUL & LfUG 2002).

Dass das Auguthochwasser 2002 nicht nur in Deutschland Auswirkungen auf die Wasserversorgung hatte, verdeutlicht Bericht 4, der die Situation in Österreich widerspiegelt.

Bericht 4: Auswirkungen des Hochwassers 2002 auf die Wasserversorgung in Österreich

Durch das Hochwasser 2002 waren in Österreich 85 Gemeinden, 5 Wasserverbände und ein regionaler Wasserversorger von Schäden in Höhe von 3,9 Millionen Euro betroffen. 30 Gemeinden berichteten über Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität. Die Versorgung der Bevölkerung wurde unter anderem sichergestellt über mobile Trinkwasserabfüllstationen, Erhöhungen der Desinfektionsmittelkonzentration im Leitungsnetz, die Umschaltung auf ein alternatives Versorgungs- bzw. Förderstandbein, die Ausleitung belasteter Quellen, Empfehlungen zum Abkochen des Wassers bzw. zur Verwendung von Flaschenwasser, Tankwagenversorgung, mobile Trinkwasserdesinfektion mit einer Verteilung nach dem Holprinzip und über die Verteilung von Trinkwasserpaketen.

Problematisch war die Verunreinigung des Wassers durch austretende Mineralölprodukte, die zurückzuführen waren auf das Aufschwimmen von Lagertanks und dadurch verursachte Leitungsbrüche. Der Betrieb eines regionalen Versorgers wurde neben der Überschwemmung von Brunnenfeldern auch beeinträchtigt durch eine generelle Stromabschaltung bzw. teilweise Unterbrechung der automatischen Steuerung aufgrund des Ausfalls von Telefonfestnetzleitungen (Habersack & Moser 2003).

Schäden an Einrichtungen der Abwasserentsorgung

Vom Augusthochwasser 2002 waren 100 der 804 kommunalen Kläranlagen in Sachsen betroffen. Hierzu gehörten auch große Anlagen, die für mehr als 100.000 Einwohner zuständig sind. Im Hauptflussgebiet der Elbe waren zeitweise 75% der Anlagen außer Betrieb und/oder wurden durch Überflutungen beschädigt. Schäden gab es an den Anlagen selbst sowie am Kanalnetz (Engelmann 2003).

Im Rahmen eines Sondermessprogramms wurden die Auswirkungen der Überflutung von Kläranlagen auf die Wasserqualität der betroffenen Flüsse untersucht. Im Flutwasser der Elbe wurden stark erhöhte Keimzahlen von Gesamtcoliformen und Fäkalcoliformen sowie *E. coli* festgestellt, die zum Teil oberhalb der Richtwerte der Richtlinie 75/440/EWG „Qualitätsanforderungen an Oberflächenwasser für die Trinkwassergewinnung in den Mitgliedsstaaten“ lagen (Richtlinie des Rates vom 16. Juni 1975). Die erhöhten Keimzahlen wurden hauptsächlich in der Zeit zwischen dem 20. und 26. August 2002 gemessen, und zwar insbesondere in hohen Konzentrationen flussabwärts von überfluteten Kläranlagen (Böhme et al. 2005, LfUG 2002a, LfUG 2003b; siehe auch Abraham 2004).

Schäden an Einrichtungen der Gesundheitsversorgung

Über die Hälfte der Krankenhäuser Sachsens lag in Kreisen, in denen aufgrund des Hochwassers Katastrophenalarm ausgelöst wurde. Insgesamt waren 54 Krankenhäuser in Sachsen direkt oder indirekt von den Fluten betroffen, und aus 10% aller Krankenhäuser wurden mehr als 4.800 Patienten evakuiert. Darunter waren 170 Intensivpatienten, die zum Teil mithilfe von Militärflugzeugen sowie bodengebundenen Intensivtransportwagen in Ausweichkrankenhäuser gebracht wurden. Zu den Krankenhäusern, die evakuiert bzw. teilevakuiert wurden, gehörten die drei innerstädtischen Krankenhäuser Dresdens und das Dresdner Universitätsklinikum. Das Krankenhaus Dresden-Friedrichstadt, das in der Nähe des alten Flussbettes der Weisseritz steht, wurde während der ersten Flutwelle vom Weisseritzhochwasser und während der zweiten Flutwelle vom Elbehochwasser überflutet (Flintrop 2002, Meusel & Kirch 2005, Meusel et al. 2004, Orellana 2002, Sächsisches Staatsministerium für Soziales 2004, von Kirchbach et al. 2002). Meusel & Kirch (2005) berichteten sogar über Todesfälle, die im Zusammenhang mit den Evakuierungen gestanden haben sollen.

Im Freistaat Sachsen wurden Praxen von über 250 Ärzten ganz oder teilweise zerstört. In Dresden-Friedrichstadt waren z.B. 10% aller dortigen Praxen ausgefallen und in acht weiteren Stadtteilen waren 50%- bis 80% der Ärzte nicht voll arbeitsfähig. Überflutet war auch eine

Dresdner Notfallpraxis. Die Sicherstellung der ärztlichen Versorgung der Bevölkerung war in Dresden und in den Orten entlang der Elbe, Weißeritz und Mulde schwierig. Die ambulante Versorgung konnte in Sachsen jedoch landesweit aufrechterhalten werden, und z.B. in Dresden wurde die Versorgung durch eine doppelte Besetzung der ärztlichen Bereitschaftsdienste gewährleistet. Auch Altenpflegeheime übernahmen pflegerische Leistungen für Evakuierte (Orellana 2002, persönliche Mitteilung A. Scheuermann 2009).

In den Gesundheitsämtern mussten zusätzliche Aufgaben bewältigt werden, wie z.B. die Organisation der psychosozialen Betreuung der betroffenen Bevölkerung und die Durchführung von Impfungen. Vor allem in Gebieten, in denen die Wasserversorgung ausgefallen war, herrschte eine hohe Nachfrage nach Impfstoff gegen Hepatitis A (Ärzte-Zeitung 2002).

2.7.3 Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung

Durch das Hochwasser starben 38 Menschen in Europa, davon 21 in Deutschland und von diesen wiederum zwölf aufgrund hochwasserbedingter Unfälle (Sächsische Staatskanzlei 2006, UBA 2006). 110 Menschen wurden allein in Sachsen verletzt (Sächsische Staatskanzlei 2006). Im Zuge des Hochwassers gab es mehrere Studien zu Infektionskrankheiten (Bigl et al. 2003, Schnitzler et al. 2007; vgl. Kapitel 2.6.3) und zu psychischen Erkrankungen (vgl. Apelt 2007, Bühring 2002). Das Auftreten von Schimmelpilzallergien und von hohen Belastungen mit THM aufgrund von Höherchlorungen wurde im Jahresbericht 2002 der LUA Sachsen (2003) beschrieben, aber detaillierte Angaben zu Inzidenzraten, sowie Untersuchungen zu hochwasserbedingten Intoxikationen und Suiziden in der Folge des Hochwassers scheinen bisher nicht vorzuliegen.

In den beiden epidemiologischen Studien von Bigl et al. (2003) und Schnitzler et al. (2007) zu den gesundheitlichen Effekten des Augusthochwassers 2002 wurde unter anderem das Risiko für gastrointestinale Infektionskrankheiten abgeschätzt. Die Studie von Bigl et al. (2003) basierte auf amtlichen Surveillance-Daten, während zur Durchführung der Studie von Schnitzler et al. (2007) eine Befragung von Hochwasserbetroffenen durchgeführt wurde.

Kern der Untersuchung von Bigl et al. (2003) war eine erste Analyse zu den Auswirkungen der Flutkatastrophe im August 2002 auf die Infektionskrankheiten im Freistaat Sachsen. Hierzu wurden die Inzidenzraten verschiedener infektiöser Darmerkrankungen des Zeitraums nach dem Hochwasser mit dem Vorjahreswert sowie dem 3-Jahresmittelwert der vorangegangenen Jahre verglichen. Die Gesamtinzidenz der *Enteritis infectiosa* war im 3. Quartal 2002 um 17,7 Fälle pro 100.000 Einwohner höher als im Jahr 2001 und um 35,2 Fälle pro 100.000 Einwoh-

ner höher als der 3-Jahres-Mittelwert der vorangegangenen Jahre. Ob die Steigerung signifikant war, wurde von den Autoren nicht berichtet. Ein Zusammenhang der erhöhten Inzidenzrate mit dem Hochwasser wurde in dieser Studie für möglich bzw. wahrscheinlich erachtet, aber nicht analytisch abgeklärt.

Bei einer Ausdifferenzierung der Enteritis-Erkrankungen (Salmonellosen, *E. coli*-Enteritiden, Campylobacteriosen, Yersiniosen, Norovirus-Erkrankungen, Rotavirus-Erkrankungen, Giardiasen und Kryptosporidiosen) wurde in der Studie von Bigl et al. (2003) nur bei den Inzidenzraten der Norovirus-Erkrankungen eine Steigerung der Raten im Jahr 2002 gegenüber denen in den Vergleichszeiträumen verzeichnet. Daher wurde angenommen, dass die Inzidenzraten-Erhöhung von Gastroenteritiden fast ausschließlich zu Lasten der Norovirus-Erkrankungsraten ging. Die Zunahme an Norovirus-Erkrankungen wurde mit einer Verbesserung der an den LUA-Standorten Chemnitz und Dresden etablierten Diagnostik erklärt (Bigl et al. 2003).

In der Studie von Schnitzler et al. (2007) wurde, wie bereits in Kapitel 2.6.3 dargestellt, kein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Durchfallerkrankungen und der Nutzung von Trinkwasser der öffentlichen Versorgung, wohl aber von Trinkwasser aus privaten Hausbrunnen festgestellt. Da Personen im überfluteten Bereich befragt wurden, ist bezogen auf das Brunnenwasser anzunehmen, dass dieses jeweils hochwasserbeeinflusst und damit potentiell mikrobiell belastet war (vgl. auch Bericht 5). Nicht beschrieben ist jedoch, ob die Trinkwasserqualität der öffentlichen Wasserversorgung der Befragten durch das Hochwasser beeinträchtigt war oder nicht.

Weitere Hinweise auf hochwasserassoziierte Infektionskrankheiten finden sich unter anderem in Orellana (2002), dem Jahresbericht 2002 der LUA Sachsen (2003) und in einer Pressemitteilung des Deutschen Grünen Kreuzes (2002b). Orellana (2002) erläuterte zum Auftreten von Infektionskrankheiten, dass durch das Augusthochwasser eine hohe Gefahr für das Auftreten und die Ausbreitung ernster gastrointestinaler Infektionen bestand. Dies galt vor allem für die Bereiche, in denen Häuser mit Abwasser aus Kläranlagen überflutet wurden. Vom Deutschen Grünen Kreuz (2002b) wurden Erkrankungsfälle eingeräumt. So hieß es zur Situation in der Stadt Grimma, die im Landkreis Muldentalkreis liegt, dass einige Menschen an akuten Durchfallerkrankungen litten, aber glücklicherweise keine schweren Krankheitsfälle dabei waren und die Patienten rasch gesunden. Von der LUA Sachsen (2003) wurde über drei Leptospirose-Fälle im Regierungsbezirk Dresden berichtet, die mit hoher Wahrscheinlichkeit im Zu-

sammenhang mit der Flutkatastrophe standen, da die betroffenen Personen Kontakt zu Hochwasser und Schlamm hatten.

Demgegenüber standen Aussagen seitens des RKI (2002a), das zwar vor dem Risiko der Übertragung fäkal-oral übertragbarer Infektionen aufgrund von Abwasseranteilen aus überfluteten oder überforderten Kläranlagen und von Tierkadavern im Hochwasser warnte, aber in einer Mitteilung im Epidemiologischen Bulletin vom 23.08.2009 von keinem besonders erhöhten Risiko für ein gehäuftes Auftreten von Infektionskrankheiten ausging.

Aufgrund von chemischen Kontaminationen des Flutwassers waren Intoxikationen zu befürchten, verursacht durch die bereits in Kapitel 2.7.2 genannten Überschwemmungen von Altlastflächen, Bergbauhalden, Öltanks und Abwasseranlagen. Durch massive Deichschutzmaßnahmen konnte eine Überflutung der Chemiefabrik Spolana in Neratovice, Tschechische Republik, und des Chemieparks Bitterfeld in Sachsen-Anhalt abgewendet werden (Spiegel online 2002). Bedingt durch die anderen Belastungsquellen wurde im Rahmen eines BMBF-Ad-hoc-Verbundprojektes die „Schadstoffbelastung im Mulde- und Elbe-Einzugsgebiet nach dem Augusthochwasser 2002“ untersucht. In Wasserproben, in Böden und im Flusssediment wurden hohe Belastungen an Arsen, Cadmium, Dioxinen, Kupfer, Quecksilber sowie Pestiziden und Antibiotika nachgewiesen (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) 2002b, Geller et al. 2004). Studien akuter oder längerfristiger gesundheitlicher Folgen hierdurch liegen jedoch bisher nicht vor.

Nach dem Rückgang des Hochwassers erfolgten zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung die Anwendung von Verfahren der Gebäudetrockentechnik und der Flächendesinfektion. Aufgrund von Beschaffungsschwierigkeiten und fehlenden Lagerkapazitäten war die Anwendung dieser Verfahren jedoch nicht flächendeckend möglich, so dass vielfach Essiglösung eingesetzt wurde, die jedoch nicht bei allen Baumaterialien zur Desinfektion geeignet ist (UBA 2002). Aus der Bildung von Schimmelpilzen resultierende Schimmelpilzallergien mit einhergehendem Asthma stellten somit ein weiteres gesundheitliches Problem dar. Hierzu liegen bisher noch keine umfassenden Studien für das Augusthochwasser 2002 vor.

Im Nachgang der Katastrophe zeichnete sich auch ein erhöhter Bedarf psychotherapeutischer Hilfe für Hochwasser-Opfer ab (Bühning 2002). Im Rahmen einer Studie wurden so z.B. von Apelt (2007) die psychischen und psychosomatischen Folgen der Hochwasserkatastrophe untersucht. Dass es sich bei der Anzahl der Inanspruchnahme professioneller Hilfe bei hochwasserausgelösten psychischen Problemen vermutlich nur um die Spitze des Eisberges handelte, zeigt eine bisher nicht veröffentlichte Untersuchung aus Sachsen auf. In dieser wurde

das Verhältnis zwischen Verkaufszahlen frei verkäuflicher Psychopharmaka in Apotheken in Hochwasserregionen mit Arztbesuchen während des Hochwasserereignisses 2002 verglichen. Resultat war, dass sich die Arztkonsultationen nicht verändert hatten, während die Verkaufszahlen der Medikamente einen häufigeren Verbrauch anzeigten (Persönliche Mitteilung A. Scheuermann 2009).

Zur Vermeidung von Infektionen, Unfällen, Intoxikationen und der Bildung von Schimmelpilzen wurden von verschiedenen Institutionen und Ämtern Warnhinweise erarbeitet und der Bevölkerung zugänglich gemacht. Diese Hinweise enthielten Informationen über den ausschließlichen Verzehr von hygienisch unbedenklichen Lebensmitteln und vor allem von sauberem Trinkwasser, die Einhaltung von Anordnungen des Gesundheitsamtes, wie z.B. von Abkochgeboten, die Beachtung einer strikten Händehygiene sowie die Nutzung von Schutzkleidung wie Gummistiefeln, wasserdichten Handschuhen und wasserabweisender Kleidung. Besonders wichtig war die Information, dass Einzelbrunnen erst nach einer Freigabe durch das zuständige Gesundheitsamt wieder genutzt werden sollten. Kinder sowie Personen mit Vorerkrankungen und geschwächtem Immunsystem sollten den Kontakt zu kontaminiertem Flutwasser sowie Schlamm grundsätzlich meiden (BMU 2002a, RKI 2002c). Problematisch erwies sich die Befolgung der Empfehlungen jedoch bei Engpässen wie z.B. durch erhöhte Nachfragen nach Schutzkleidung (Persönliche Mitteilung A. Scheuermann 2009).

Aufgrund von Erfahrungen beim Oderhochwasser 1997 wurde in Deutschland – anders als in der Tschechischen Republik, in der während des Augusthochwassers 2002 65.000 Kinder gegen Hepatitis A geimpft wurden (Tuffs und Bosch 2002) – eine Impfung gegen Hepatitis A nur Einsatzkräften empfohlen sowie Personen, die keinen Zugang zu sauberem Trink- und Waschwasser sowie Lebensmitteln hatten, nicht jedoch der Allgemeinbevölkerung. Impfungen gegen Typhus schienen nicht notwendig. Der Impfschutz gegen Tetanus sollte dagegen geprüft und gegebenenfalls aufgefrischt werden (Abraham 2004, Meusel & Kirch 2005, Ministerium für Gesundheit und Soziales des Landes Sachsen-Anhalt 2002, RKI 2002a, RKI 2002c). Zudem sollten überflutete Kläranlagen so schnell wie möglich wieder in Betrieb genommen werden (BMU 2002a).

In den vom Hochwasser betroffenen Gebieten forderte das RKI Ärzte und Gesundheitsämter zu einer erweiterten Surveillance auf, bei der auftretende Infektionserkrankungen und weitere – theoretisch mögliche – Gesundheitsbeeinträchtigungen zuverlässig erkannt und unklare Erkrankungen ätiologisch abgeklärt werden sollten (RKI 2002a). Eine Konsultation des Haus-

arztes wurde bei unklaren Störungen der Gesundheit, wie bei Fieber, blutigen Durchfällen und Gelbfärbungen der Haut empfohlen. Niedergelassene Ärzte und zuständige Gesundheitsämter sollten von Einsatzkräften und Erkrankten bei einem Verdacht eines Zusammenhangs zwischen Erkrankung und Hochwasser informiert werden. Zudem sollten niedergelassene Ärzte und Ärzte in Krankenhäusern die bestehenden Meldepflichten für spezielle Darminfektionen und Hepatitis A sowie Erkrankungshäufungen beachten und das Gesundheitsamt auch über hochwasserassoziierte Beobachtungen im Krankheitsgeschehen der Bevölkerung unterrichten. Die Bedeutung mikrobiologischer Stuhluntersuchungen wurde zur Klärung der Ätiologie explizit hervorgehoben (Deutsches Grünes Kreuz (DGK) 2002a, RKI 2002a). Inwieweit beschädigte oder zerstörte Praxen oder ein hochwasserbedingter Personal- und Zeitmangel in den Gesundheitsämtern die Umsetzung dieser Vorgaben erschwerte, wurde bisher nicht untersucht.

2.8 Resümee

Der wissenschaftliche Hintergrund und vor allem der Literatur-Review (insbesondere Kapitel 2.6 und 2.7) spiegelten den gegenwärtigen Forschungsstand zum Zusammenhang zwischen Naturkatastrophen, der Wasserversorgung und Auswirkungen auf das Infektionsgeschehen in der Bevölkerung wider. Es zeigte sich, dass bisher – bis auf die oben genannte Studie von Schnitzler et al. (2007) mit ähnlichem Forschungsziel und ansatzweise auch die von Bigl et al. (2003) – keine Studie vorliegt, in der ein räumlich-zeitlicher Zusammenhang zwischen einem Flutereignis in Deutschland, schweren Beeinträchtigungen bzw. Ausfällen der Wasserversorgungsinfrastruktur und dem Auftreten von Infektionskrankheiten untersucht worden ist.

Insbesondere die umfangreichen und ausführlichen Literatur-Reviews weisen auf einen besonderen Forschungsbedarf über die Gesundheitseffekte von Extremwetterereignissen aufgrund von Infrastrukturauswirkungen auch in Industrieländern hin. Da über das Augusthochwasser 2002, das Auswirkungen auf verschiedene Kritische Public Health-Infrastrukturen und so auch die Wasserversorgung hatte, bisher nur die beiden oben genannten epidemiologischen Studien vorliegen, scheint es angemessen, diese Naturkatastrophe als Beispiel zu verwenden, um für Deutschland die gesundheitlichen Auswirkungen derartiger Extremereignisse abzuschätzen.

3 Fragestellungen und Hypothese

Wie in Kapitel 1 formuliert, ist es das Ziel der vorliegenden Studie, die Folgen einer hochwasserbetroffenen Wasserversorgung für die Gesundheit der Bevölkerung zu identifizieren, um Rückschlüsse für (a) trinkwasserbezogene Public Health-Maßnahmen während zukünftiger Katastrophenereignisse und (b) für notwendige Schutzvorkehrungen in Einrichtungen der Kritischen Infrastruktur Wasserversorgung für den Fall von Beeinträchtigungen und Ausfällen ableiten zu können.

Ausgehend von der Aussage Hunters (2003a, vgl. Kapitel 2.5.3), dass aufgrund eines Hochwasserereignisses beim Vorliegen von Wasserversorgungsdefiziten auch in hoch entwickelten Ländern Auswirkungen auf das Infektionsgeschehen als möglich erachtet werden (vgl. hierzu auch Kapitel 2.5.6), und davon dass – wie in Kapitel 2 dargestellt – während des Augusthochwassers 2002 in Sachsen und Sachsen-Anhalt

- starke Beeinträchtigungen und Schäden an der Kritischen Infrastruktur Wasserversorgung auftraten (Wricke 2004, Wricke et al. 2003),
- die Trinkwasserqualität zum Teil für mehrere Wochen und Monate nicht den Anforderungen der TrinkwV (§ 5 TrinkwV, LUA Sachsen 2003) entsprach,
- auf verunreinigtes Trinkwasser als Gefahrenquelle für das Auftreten von Infektionskrankheiten hingewiesen wurde (Bigl et al. 2003),
- erwähnt wurde, dass es Hygieneprobleme durch einen Zusammenbruch kommunaler Infrastrukturen und der Unterbringung von Evakuierten in Notunterkünften gab und dass Durchfallerkrankungen gehäuft auftraten (Bigl et al. 2003, DGK 2002b, LUA Sachsen 2003),
- Warnungen vor dem Genuss von Trinkwasser aus dem Leitungsnetz ausgesprochen wurden (unter anderen BMU 2002c) und
- bisher – gemessen an den in Kapitel 2.6 betrachteten Studien und Reviews und den zum Augusthochwasser verfügbaren Forschungsansätzen (Kapitel 2.7) – nur die Studien von Bigl et al. (2003) und von Schnitzler et al. (2007) zu einer ähnlichen Thematik vorliegen, die jedoch die Trinkwasserqualität und Versorgungsdefizite nicht mit in ihre Analysen einbezogen,

ist für dieses Ereignis ein weiterer Forschungsbedarf ableitbar.

Unter dem Public Health-Gesichtspunkt stellte sich somit die Frage, welche Auswirkungen das Augusthochwasser 2002 auf die Wasserversorgung und in der Folge auf das Infektionsgeschehen in der Bevölkerung hatte. Zur Bearbeitung dieser Forschungsfrage wurde folgende Hypothese generiert:

In den Kreisen und kreisfreien Städten Sachsens und Sachsen-Anhalts, in denen im Zuge des Augusthochwassers 2002 die Wasserversorgung stark beeinträchtigt bzw. ausgefallen war, trat während oder kurz nach der Flut eine signifikante Erhöhung potentiell wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten auf.

Aufbauend auf den in Kapitel 2 dargestellten wissenschaftlichen Hintergrundinformationen wurde zur Bearbeitung der Hypothese ein Modell entwickelt, das Szenario-gestützt verschiedene Möglichkeiten für hochwasserbedingte Auswirkungen auf das Infektionsgeschehen in der Bevölkerung aufgrund von Wasserversorgungsproblemen aufzeigt (siehe Tabelle 17).

Nach diesem Modell in Tabelle 17 ist das vermehrte Auftreten von Infektionserkrankungen bedingt durch Wasserversorgungsprobleme sowohl aufgrund von Trinkwasserkontaminationen als auch durch reduzierte Hygienemöglichkeiten denkbar. Besteht eine Exposition gegenüber Trinkwasserverunreinigungen oder Hygienedefiziten, dann ist hieraus für die gesamte betroffene Bevölkerung ein Gesundheitsrisiko ableitbar, da Trinkwasser lebensnotwendig ist und von allen Bevölkerungsgruppen und -schichten täglich konsumiert bzw. zur Durchführung von Hygienemaßnahmen benötigt wird. Besonders von Kontaminationen und Hygienedefiziten betroffen sind Angehörige vulnerabler Gruppen (vgl. Kapitel 2.2.5), da diese eine höhere Suszeptibilität gegenüber Krankheitserregern aufweisen.

Tabelle 17: Szenarien hochwasserbedingter Störungen der Wasserversorgung und mögliche Auswirkungen auf das Infektionsgeschehen in der exponierten Bevölkerung

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Szenario	Art der Störung	Folgen für die Wasserversorgung	Zusätzliche Faktoren	Mögliche Folgen für die Trinkwasserqualität	Mögliche Auswirkungen auf das Infektionsgeschehen
A	Überflutung von Abwasseranlagen oder Weideflächen	Kontamination des Flutwassers und in der Folge der Rohwasserressource mit Krankheitserregern	Probleme mit der Aufbereitung oder ein Restrisiko für ein Erregervorkommen trotz Aufbereitung	Trinkwasserbelastung mit Krankheitserregern	Krankheitserreger können durch orale Aufnahme des Wassers in suszeptibler Bevölkerung zu einer Infektion bzw. Erkrankung führen
B	Schäden an Anlagen und Einrichtungen der Wasserversorgung	Ausfall der Versorgung/Ausfall der Kanalisation	Keine Verbundleitung; Nutzung von Ersatzwasser	–	Bei reduzierten Hygienemöglichkeiten können Krankheitserreger durch direkten Kontakt leichter auf suszeptible Personen übertragen werden und dort eine Erkrankung auslösen
		Einschränkung der Versorgung und Nutzung einer Verbundleitung	Kontamination durch Änderung der Versorgung (Druckabfall, Änderung der Strömungsverhältnisse) und unzureichende Desinfektionsmaßnahmen (v.a. für Viren und Parasiten)	Trinkwasserbelastung mit Krankheitserregern	Krankheitserreger können durch orale Aufnahme des Wassers in suszeptibler Bevölkerung zu einer Infektion bzw. Erkrankung führen
C	Schäden am Leitungsnetz	Kontamination des Trinkwassers mit Krankheitserregern	Kontamination durch Unterbrechung der Versorgung inkl. Druckabfall und unzureichenden Restchlorgehalten (v.a. für Viren und Parasiten)	Trinkwasserbelastung mit Krankheitserregern	Krankheitserreger können durch orale Aufnahme des Wassers in suszeptibler Bevölkerung zu einer Infektion bzw. Erkrankung führen
D	Stromausfall	Ausfall der Versorgung/Ausfall der Kanalisation	Nutzung von Ersatzwasser	–	Bei reduzierten Hygienemöglichkeiten können Krankheitserreger durch direkten Kontakt leichter auf suszeptible Personen übertragen werden und dort eine Erkrankung auslösen

Anhand dieses Modells wurden zwei Fragestellungen erarbeitet, mit denen die oben genannte Hypothese überprüft werden sollte. Die erste Fragestellung lautete:

Welche Auswirkungen hatte das Augusthochwasser 2002 auf die Wasserversorgung in den Kreisen und kreisfreien Städten Sachsens und Sachsen-Anhalts?

Da in vielen Kreisen Sachsens und Sachsen-Anhalts während des Augusthochwassers 2002 Katastrophenalarm ausgelöst wurde (siehe Tabelle 16), aber in diesen Kreisen nicht gleichzeitig auch die Wasserversorgung geschädigt oder gestört war und umgekehrt, war diese Fragestellung darauf ausgerichtet, konkrete raumbezogene Informationen über die Betroffenheit der Kritischen Infrastruktur Wasserversorgung durch das Augusthochwasser zu erhalten. Die Stu-

die von Wricke et al. (2003) erläuterte zwar bereits ausführlich die Hochwasserauswirkungen auf die Wasserversorgung, aber die dort enthaltenen Informationen konnten keinen Raumeinheiten zugeordnet werden.

Ziel dieser ersten Fragestellung war die Identifizierung von so genannten Hochwasserkreisen, in denen die Wasserversorgung stark beeinträchtigt oder ausgefallen war bzw. in denen die Wasserqualität nicht den Anforderungen der TrinkwV (§ 5 TrinkwV) entsprach, so dass Public Health-Maßnahmen wie z.B. die Desinfektion oder die Aussprache von Abkochgeboten umgesetzt werden mussten. Kreise Sachsens und Sachsen-Anhalts, die nicht vom Hochwasser betroffen waren und deren Wasserversorgungen keine Beeinträchtigungen durch das Hochwasser aufwiesen, sollten mit dieser Fragestellung als Referenzkreise ermittelt werden.

Eine Eingruppierung der Kreise Sachsens und Sachsen-Anhalts nach dem Grad der Betroffenheit ihrer Wasserversorgungen lieferte die Basis für die Bearbeitung der zweiten Fragestellung:

Sofern in den Kreisen und kreisfreien Städten Sachsens und Sachsen-Anhalts im Zuge des Augusthochwassers 2002 die Wasserversorgung stark beeinträchtigt oder ausgefallen war: Gab es dort Auswirkungen auf das Infektionsgeschehen in der Bevölkerung?

Die zweite Fragestellung baute auf den Ergebnissen der ersten Fragestellung auf: Abhängig vom Grad der Hochwasserbetroffenheit der Kreiswasserversorgungen war zu klären, ob Auswirkungen auf das Infektionsgeschehen in der Bevölkerung erkennbar waren. Angelehnt an die Studien von Bigl et al. (2003) und Greer et al. (2008) erschienen sowohl aus Public Health- als auch aus Bevölkerungsschutzsicht die gemeldeten Fallzahlen der potentiell wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Infektionskrankheiten als geeigneter Indikator für hochwasserbedingte Trinkwasserkontaminationen bzw. Ausfälle der Versorgung. Durch diesen Indikator wird die Vulnerabilität der Kritischen Infrastruktur Wasserversorgung, die sich sowohl in quantitativen als auch in qualitativen Versorgungsproblemen manifestieren kann, wiedergespiegelt (vgl. auch Hunter et al. 2003a und b, Prüss et al. 2002). Zur Operationalisierung dieser zweiten Fragestellung und zur Bearbeitung der Hypothese wurde daher angenommen, dass die gemeldeten Fallzahlen wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten in Kreisen mit stark hochwasserbetroffener Wasserversorgung im Jahr 2002 signifikant gegenüber Referenzzeiträumen erhöht waren.

4 Material und Methoden

Zur Bearbeitung der beiden Fragestellungen und der Hypothese wurde – abhängig von dem verfügbaren Datenmaterial – ein geeignetes Studiendesign entwickelt, durch welches der Einsatz quantitativer und qualitativer Methoden vorbestimmt wurde.

4.1 Studiendesign

Die in Kapitel 3 erarbeiteten Fragestellungen waren darauf ausgerichtet, die Auswirkungen des Augusthochwassers 2002 auf die Wasserversorgung in den Kreisen Sachsens und Sachsen-Anhalts zu untersuchen sowie Folgen für das Infektionsgeschehen in der Bevölkerung in Kreisen mit stark betroffener Wasserversorgung abzuschätzen. Zur Bearbeitung der Fragestellungen und der Hypothese, die eine signifikante Erhöhung potentiell wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten in Kreisen mit stark betroffener Wasserversorgung postulierten, wurde ein geeignetes Studiendesign entwickelt.

Zunächst wurden die Studien, die in Kapitel 2.6.3 in einem Literatur-Review näher betrachtet wurden, bezüglich ihrer Studiendesigns und der angewandten Methoden ausgewertet (siehe Tabelle 13). In diese Auswertung einbezogen wurden auch die erste deutsche Studie zum Nachweis von Giardien im Trinkwasser (Kistemann et al. 2003, vgl. Kapitel 2.3.5), die Studie von Bigl et al. (2003) zum Augusthochwasser (vgl. Kapitel 2.7.3), die Studie von Bissell (1983) mit dem Titel „Delayed-impact infectious disease after a natural disaster“ und die methodischen Empfehlungen in Few et al. (2006).

Bei den Studien von Aavitsland et al. (1996) und dem CDC (1993b) handelte es sich um Beobachtungsstudien, bei denen während eines Hochwasserereignisses mithilfe eines Surveillance-Systems die Erkrankungsfälle erfasst und ausgewertet wurden. Die Angaben erfolgten in absoluten Zahlen bzw. in Inzidenzraten. Die Studie von Miettinen et al. (2001) ist ebenfalls als Beobachtungsstudie einzuordnen, aber hier lag der Fokus auf der Untersuchung verschiedener wasserbürtiger Epidemien in Hinblick auf ihre Ursachen. Zu den epidemiologischen Studien im klassischen Sinne, das heißt zu Kohorten-, Fall-Kontroll- und Interventionsstudien, gehören die Studien von Kistemann et al. (2003), Meier et al. (1998) und Wade et al. (2004). Die Studie von Schnitzler et al. (2007) kann als Querschnittsstudie eingestuft werden, die Elemente einer Fall-Kontroll-Studie beinhaltet.

Die Studie von Wade et al. (2004) gehört zu den klassischen Interventionsstudien. Die Berechnung der IRR für gastrointestinale Infektionserkrankungen erfolgte für unterschiedliche

Expositionen gegenüber Flutwasser, einem überfluteten Haus bzw. Garten oder dem Konsum von Leitungswasser mit Hilfe einer Poisson Regression. Im Rahmen einer historischen Kohortenstudien berechneten Kistemann et al. (2003) das Relative Risiko für Giardia-Infektionen bei Schulkindern in verschiedenen Wasserversorgungszonen. Bei der Studie von Meier et al. (1998) handelte es sich um eine Fall-Kontroll-Studie, in der mit paarweise gematchten Fällen und Kontrollen die Ursache für das Auftreten von *Acanthamoeba keratitis* untersucht und in Form von Odds Ratios angegeben wurde. Zudem wurde das Relative Risiko der Inzidenzraten dieser Erkrankung für hochwasserbetroffene Bezirke gegenüber nicht-hochwasserexponierten Bezirken berechnet. Ein Studiendesign einer Querschnittsstudie, das ebenfalls nur hochwasserbetroffene Personen berücksichtigte, kann für die Studie von Schnitzler et al. (2007) zum Augusthochwasser 2002 angenommen werden. Hier wurden Fragebogenergebnisse eines Telefonsurveys verwendet, mit denen für das Auftreten von Durchfallerkrankungen aufgrund verschiedener Expositionen Odds Ratios berechnet wurden.

In diesen Studien wurden nur zum Teil Vergleichsräume verwendet bzw. unterschiedliche Expositionen gegenüber Hochwasser berücksichtigt. Ein Vergleich dieser Studiendesigns mit Hinweisen von Few et al. (2006) sowie mit den Studien von Bigl et al. (2003, vgl. auch Kapitel 2.7.3) und von Bissell (1983) zeigt auf, dass zur Untersuchung der Fragestellungen und der Hypothese der vorliegenden Studie auch ein Potential für die Anwendung eines anderen Studiendesigns als der oben beschriebenen klassischen Designs besteht.

Few et al. (2006) empfehlen z.B. generell für Studien, in denen die gesundheitlichen Auswirkungen von Hochwasser untersucht werden sollen, zum Vergleich Kontrollgruppen heranzuziehen, die von dem Hochwasser nicht betroffen waren, sowie Längsschnittdaten (siehe auch Hertz-Picciotto 1998) und Daten der amtlichen Statistik bzw. der Routinesurveillance zu verwenden, um bereits durch die Wahl des Studiendesigns Informationen über das Gesundheitsgeschehen vor dem Hochwasserereignis zu berücksichtigen.

Bigl et al. (2003) nutzten im Rahmen einer Längsschnittstudie Inzidenzraten, die aus den gemeldeten Erkrankungsfällen während des Hochwasserereignisses berechnet wurden, sowie Inzidenzraten in zwei Vergleichszeiträumen in der Vergangenheit. Und auch Bissell (1983) verglich die monatlichen Fallzahlen verschiedener wasserbürtiger Infektionskrankheiten der amtlichen Statistik über einen Fünfjahreszeitraum. Die Daten bezogen sich auf fünf Regionen der Dominikanischen Republik, in denen die Betroffenheit gegenüber wirbelsturmausgelöstem Hochwasser unterschiedlich hoch war.

In den beiden Studien von Bigl et al. (2003) und Bissell (1983) sind damit bereits die Empfehlungen von Few et al. (2006) zur Durchführung von Längsschnittstudien sowie zur Verwendung von Daten der amtlichen Statistik sowohl für stark als auch für nicht betroffene Regionen bzw. Vergleichszeiträume umgesetzt. Das methodische Vorgehen der Studie von Bissell (1983) umfasste die Berechnung der arithmetischen Mittelwerte der gemeldeten Fallzahlen der wasserbürtigen Erkrankungen sowie deren dreifache Standardabweichung. Eine Überschreitung der dreifachen Standardabweichung wurde als signifikante Erhöhung der Fallzahlen eingestuft. Ähnlich beschrieben Bigl et al. (2003) „einen Vergleich“ der Erkrankungen während der Flut mit dem Vorjahreswert und dem arithmetischen Mittelwert des 3-Jahresdurchschnittes der vorangegangenen Jahre, um ein auffälliges Infektionsgeschehen zu erkennen.

Den Empfehlungen von Few et al. (2006) folgend und die Studien von Bissell (1983) und Bigl et al. (2003) als Beispiel-Untersuchungen berücksichtigend, wurden daher für das Design der vorliegenden Studie folgende Entscheidungen getroffen:

1. Längsschnitt-Studie für zwei Hochwasserzeiträume im Jahr 2002 und Referenzzeiträume in den Jahren 2001 und 2003 bis 2005 jeweils in denselben Raumeinheiten, die mittels einer Gesundheitsämterbefragung und der Analyse von bakteriologischen Trinkwasserbeanstandungen als stark betroffen bzw. nicht betroffen klassifiziert wurden.
2. Vergleich des Infektionsgeschehens in Kreisen, deren Wasserversorgung stark vom Hochwasser betroffen war, mit dem Infektionsgeschehen in Kreisen, die nicht vom Hochwasser betroffen waren.
3. Verwendung wöchentlich gemeldeter Fallzahlen endemischer und potentiell wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten der amtlichen Statistik des RKI.
4. Anwendung gängiger Surveillance-Methoden zur Erkennung signifikanter Häufungen gemeldeter Fallzahlen auf Kreisebene (Hashimoto et al. 2000, Rissland et al. 2003).

4.1.1 Untersuchungsraum

Wie in Kapitel 2.7 beschrieben, traten in Deutschland in der jüngeren Vergangenheit mehrere extreme Hochwasserereignisse auf. Dazu gehörten die beiden Rheinhochwasser 1993 und 1995, das Oderhochwasser 1997, das Augusthochwasser 2002, das Alpenhochwasser 2005, das Frühjahrshochwasser 2006 sowie das Hochwasser in Mitteleuropa 2009 (vgl. Tabelle 9). Vom Augusthochwasser 2002 ist bekannt, dass es vor allem in den Bundesländern Sachsen

und Sachsen-Anhalt zu längerfristigen Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität und zu Ausfällen der Wasserversorgung in einzelnen Versorgungsgebieten geführt hat (SMUL & LfUG 2002, Wricke 2004, Wricke et al. 2003). Sachsen und Sachsen-Anhalt wurden daher in der vorliegenden Studie als Untersuchungsraum ausgewählt.

Zur Untersuchung der Auswirkung von Beeinträchtigungen und Ausfällen der Wasserversorgung auf das Infektionsgeschehen in der Bevölkerung wurden die gemeldeten Fallzahlen potentiell wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten der amtlichen Statistik als Indikatorparameter herangezogen (vgl. auch Buehler 1998, Hashimoto et al. 2000, Naumova et al. 2000). Da meldepflichtige Infektionskrankheiten bis auf Kreisebene verfügbar sind, wurden mittels einer Befragung in den Gesundheitsämtern Sachsens und Sachsen-Anhalts und der Auswertung kreisbezogener bakteriologischer Trinkwasserbeanstandungen, die für hochwasserbetroffene Kreise Sachsens vorlagen, die Kreise in Sachsen und Sachsen-Anhalt ermittelt, in denen die Wasserversorgung durch das Hochwasser stark betroffen oder ausgefallen war (zu Hochwasser in den Kreisen vgl. Deutsche Rückversicherung 2002, Freistaat Sachsen 2003, Ministerium des Innern des Landes Sachsen-Anhalt o. J., Wricke 2004, Wricke et al. 2003).

Zum Vergleich des Infektionsgeschehens in den Hochwasserkreisen mit einem hochwasserunabhängigen Infektionsgeschehens in Sachsen und Sachsen-Anhalt insgesamt wurden unter der Prämisse, dass räumlich benachbarte Regionen ein ähnlicheres Infektionsgeschehen aufweisen als weit entfernt liegende Regionen, benachbarte Kreise als Referenzkreise identifiziert, die weder direkt vom Hochwasser betroffen waren noch indirekt Beeinträchtigungen der Wasserversorgung aufwiesen.

4.1.2 Untersuchungszeit

Die Befragung der Gesundheitsämter zu Auswirkungen des Augusthochwassers 2002 auf die Wasserversorgung bezog sich auf die Zeit während und nach dem Hochwasser im Jahr 2002. Die Infektionsgeschehen wurden in den einzelnen Raumeinheiten jeweils im Laufe der Zeit betrachtet, um ein vermutlich über die Zeit vergleichbares Meldeverhalten zu gewährleisten. Hierfür wurde ein geeigneter Untersuchungszeitraum ausgewählt, der einen „Beobachtungszeitraum“ im Jahr 2002 und zur Berücksichtigung saisonaler Effekte mehrere „Referenzzeiträume“ umfassen sollte (Kovats et al. 2004).

Zur Auswahl des Beobachtungszeitraums im Jahr 2002 wurde in Studien, in denen ähnliche Forschungsfragen bearbeitet wurden, nach Zeitangaben recherchiert. Das CDC (2005a) ging

z.B. in einer Studie aus dem Jahr 2005 davon aus, dass wasserbürtige Krankheiten bis zu einem Monat nach einer Katastrophe vermehrt auftreten. Vergleichbar mit dem Risiko für ein häufigeres Krankheitsauftreten nach Hochwasserereignissen nahmen Thomas et al. (2006) an, dass in den ersten sechs Wochen nach einem Starkniederschlagsereignis das Risiko für Häufungen von Krankheitsfällen erhöht ist. Diese Angaben stehen zwar den Untersuchungsergebnissen von Bissell (1983) gegenüber, der von einem gehäuften Auftreten wasserbürtiger Krankheiten noch mehrere Monate nach einer Katastrophe ausgeht, aber sie beziehen sich im Gegensatz zu Bissell (1983) nicht ausschließlich auf die Situation in Entwicklungsländern. Stroup et al. (1993) verwendeten in ihrer Studie zur Evaluation eines Public Health Surveillance Systems einen Vierwochenzeitraum als Beobachtungszeitraum, da hierdurch Unregelmäßigkeiten der Meldungen eher berücksichtigt werden können.

Aufgrund dieser in der Literatur beschriebenen Zeiträume und auch zur Berücksichtigung eines unvermeidbaren Meldeverzugs von mehreren Tagen bis zu zwei Wochen (vgl. Kapitel 2.4.2) wurden zwei vierwöchige Beobachtungszeiträume ausgewählt. Der erste Zeitraum umfasste den „Flutzeitraum“, der mit der 33. Kalenderwoche des Jahres 2002 – dem Beginn des Augusthochwassers am 13.08.2002 entsprechend – begann und mit Kalenderwoche 36 endete. Der „Nachflutzeitraum“ schloss sich direkt an und reichte von Kalenderwoche 37 bis 40.

Zur Einordnung des Infektionsgeschehens, das sich im Jahr 2002 im Vorfeld der Katastrophe abspielte, wurde zudem auch der „Vorflutzeitraum“ berücksichtigt. Die Fallzahlen im Vorflutzeitraum wurden allerdings nur mit einem statistischen Verfahren untersucht, und zwar mit dem einfachsten und robustesten der drei angewandten und in Kapitel 4.3.3 ausführlich beschriebenen Perzentil-Verfahren. Der Vorflutzeitraum umfasste für diese Berechnung die Kalenderwochen 29 bis 32 im Jahr 2002.

Die Auswahl der Referenzzeiträume unterlag mehreren Einschränkungen:

- Mit der Einführung des IfSG am 01.01.2001 (vgl. Kapitel 1 und Kapitel 2.4.2) haben sich sowohl das Spektrum meldepflichtiger Erreger sowie auch die Art der labordiagnostischen Erregererfassung geändert, so dass vor und nach 2001 gemeldeten Daten in der Regel nicht mehr vergleichbar sind.
- 2006 gab es mit dem Frühjahrshochwasser entlang der Elbe das zweite Hochwasserereignis, durch das unter anderen auch die Bundesländer Sachsen und Sachsen-Anhalt betroffen waren. Auswirkungen auf die Wasserversorgung waren hier potentiell möglich. Aufgrund von Schutzmaßnahmen, die nach dem Augusthochwasser 2002 umgesetzt wurden, traten

während des Frühjahrshochwassers jedoch keine oder nur geringe Beeinträchtigungen der Wasserversorgung auf (siehe z.B. Petrow et al. 2006, SMUL & LfUG 2002).

- Im Jahr 2007 wurden durch eine Kreisreform in Sachsen-Anhalt aus den ehemaligen 21 Kreisen elf neue Kreise gebildet, und im Jahr 2008 gab es auch in Sachsen eine Kreisreform, durch die die 22 Landkreise auf zehn und die sieben kreisfreien Städte auf drei reduziert wurden.

Um, wie in Kapitel 3 bzw. Kapitel 4.1 bereits beschrieben, Referenzzeiträume zu erhalten, blieben somit – unter Verzicht auf das Jahr 2006 zur Absicherung, dass potentielle Beeinträchtigungen der Wasserversorgung während des Frühjahrshochwassers 2006 die Ergebnisse nicht verzerren – als Referenzjahre für das Jahr 2002 die Jahre 2001, 2003, 2004 und 2005 übrig (vgl. Tabelle 18).

Tabelle 18: Kalenderwochen im Untersuchungszeitraum

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Jahr	Hochwasserkreise ^a			Referenzkreise ^b		
	Vorflutzeitraum	Flutzeitraum	Nachflutzeitraum	Vorflutzeitraum	Flutzeitraum	Nachflutzeitraum
Referenzjahr 2001	25-36	29-40	33-44	25-36	29-40	33-44
Hochwasserjahr 2002	29-32	33-36	37-40	29-32	33-36	37-40
Referenzjahr 2003	25-36	29-40	33-44	25-36	29-40	33-44
Referenzjahr 2004	25-36	29-40	33-44	25-36	29-40	33-44
Referenzjahr 2005	25-36	29-40	33-44	25-36	29-40	33-44

a. Hochwasserkreise: Kreise mit einer stark durch das Auguthochwasser 2002 betroffenen Wasserversorgung

b. Referenzkreise: Kreise ohne Hochwasserbetroffenheit

Fettdruck: Kalenderwochen im Vorflut-, Flut- und Nachflutzeitraum im Hochwasserjahr 2002

Jedem vierwöchigen Beobachtungszeitraum der gemeldeten Infektionskrankheiten im Jahr 2002 (Vorflut-, Flut- bzw. Nachflutzeitraum) standen pro Referenzjahr drei Vierwochenzeiträume gegenüber. Diese drei Vierwochenzeiträume verteilten sich in den Referenzjahren auf die Zeit vor, während und nach dem jeweiligen Beobachtungszeitraum des Jahres 2002. Die Referenzzeiträume des Vorflutzeitraums umfassten hierbei die Kalenderwochen 25 bis 36 der Jahre 2001 und 2003 bis 2005, die des Flutzeitraums die Wochen 29 bis 40 und die Referenzzeiträume des Nachflutzeitraums reichten von Kalenderwoche 33 bis 44 der genannten Referenzjahre (vgl. Tabelle 18; ausführlicher in Kapitel 4.3).

Angelehnt an die Untersuchungszeit des Infektionsgeschehens wurden die Daten der wöchentlich verfügbaren bakteriologischen Trinkwasserbeanstandungen für die Kalenderwochen 33 bis 44 der Jahre 2001 bis 2005 ausgewertet.

4.2 Datenmaterial und Erhebungsmethoden

Zur Durchführung der Studie wurden Daten unterschiedlichster Datenquellen herangezogen. Hierzu gehörten Informationen der Gesundheitsämter Sachsens und Sachsen-Anhalts über die Betroffenheit der Wasserversorgung während des Augusthochwassers sowie über bakteriologische Beanstandungen des Trinkwassers, Angaben der gemeldeten Fallzahlen potentiell wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten sowie Literaturhinweise, die die Informationen aus den Gesundheitsämtern ergänzten.

4.2.1 Befragung der Gesundheitsämter zur Hochwasserbetroffenheit der Wasserversorgung

Gemeldete Erkrankungsfälle an Infektionskrankheiten, die auch wasserbürtig bzw. hygieneabhängig sein können, sind über das RKI auf Kreisebene öffentlich zugänglich (URL 9), ein kleinräumigerer Zugriff auf die Adresskoordinaten der Erkrankten ist dagegen mit administrativen und ethischen Problemen verbunden. Die öffentliche Wasserversorgung ist jedoch in vielen Fällen unabhängig von Kreisgrenzen organisiert. Die Versorgungsgebiete können Kreisgrenzen überschreiten oder sind nur auf Teile des Kreisgebietes bezogen. Dies spiegelt sich wider in der Anzahl an Wasserversorgungsunternehmen: In den 29 Kreisen Sachsens versorgten 150 Wasserversorgungsunternehmen im Jahr 2001 die Bevölkerung (Großmann et al. 2004; vgl. auch LfUG 2007, SMUL & LfUG 2002), und in Sachsen-Anhalt waren 168 Wasserversorgungsunternehmen im Jahr 2004 für die Versorgung in den 24 Kreisen zuständig (Ministerium für Umwelt und Landwirtschaft Sachsen-Anhalt o. J.).

Um kreisbezogene Informationen zu erhalten, wurden daher zwischen November 2006 und April 2007 die Gesundheitsämter Sachsens und Sachsen-Anhalts kontaktiert, da hier Informationen über Probleme mit der Wasserversorgung sowie über Trinkwasserkontaminationen gebündelt vorliegen. Mithilfe eines teilstandardisierten Leitfadeninterviews mit 19 vorwiegend offenen Fragen, die zum Teil aufeinander aufbauten, wurden die Gesundheitsämter befragt (Bogner & Menz 2002, Bryman 2004, Pfaff & Bentz 2002; Fragebogen siehe Anhang). Die Themenkomplexe des Leitfadens sind in Abbildung 4 dargestellt. Gefragt wurde auch nach dem jeweils betroffenen Personenkreis und der Dauer der Einschränkungen und Ausfälle.

- Betroffenheit der Wasserversorgung
- Einschränkungen der Wasserversorgung
 - Ausfälle der Wasserversorgung
 - Ersatzwasserversorgung
- Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität
- Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen

Abbildung 4: Themenkomplexe der Gesundheitsämterbefragung

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Die erste Kontaktaufnahme mit einer Schilderung des Anliegens und der Anfrage eines konkreten Ansprechpartners für ein telefonisches oder schriftliches Interview erfolgte per E-Mail, sofern eine E-Mail-Adresse verfügbar war. Je nach Erreichbarkeit und Antwortbereitschaft erfolgten weitere Kontakte und Nachfragen per E-Mail, telefonisch oder schriftlich. Die Antworten wurden protokolliert und dokumentiert (Flick 2002, Geyer & Siegrist 1998). Um ein möglichst umfassendes Bild über die Auswirkungen des Hochwassers auf die Wasserversorgung in Sachsen und Sachsen-Anhalt zu erhalten, wurde eine hohe Response Rate der einzelnen Kreise angestrebt, so dass fehlende Angaben und Details akzeptiert wurden.

Ziel der Befragung war die Generierung von Informationen zur Einschätzung des Grades der Betroffenheit der öffentlichen Wasserversorgung und zur Identifizierung der am stärksten betroffenen Kreise. Hierzu wurde der Inhalt der Antworten analysiert, auf Kernaussagen reduziert und zusammen mit weiteren Daten (bakteriologische Befunde sowie Angaben über ausgelösten Katastrophenalarm während des Hochwassers, vgl. Kapitel 2.7 sowie 4.2.2) zur Kategorisierung der Betroffenheit der Kreise Sachsens und Sachsen-Anhalts genutzt (Flick 2002).

4.2.2 Bakteriologische Beanstandungen des Trinkwassers

Wie in Kapitel 2.2 erläutert, bestehen Grenzwerte unter anderem für bakteriologische Belastungen des Trinkwassers, deren Einhaltung mithilfe von mikrobiologischen Parametern überprüft wird (§ 5 in Verbindung mit Anlage 1 Teil I TrinkwV). Routineuntersuchungen der Wasserversorger selbst werden durch Untersuchungen der Gesundheitsämter in gesetzlich festgeschriebenen Zeitabständen überprüft. Verdachtsfälle für Kontaminationen oder besondere Ereignisse, wie z.B. Hochwasser, können häufigere Untersuchungen begründen.

Mikrobiologische Parameter können Hinweise auf eine Kontamination des Trinkwassers durch hochwasserbelastetes Rohwasser geben, zu der es aufgrund des Augusthochwassers

2002 in einigen Regionen im Untersuchungsgebiet kam (vgl. Wricke et al. 2003, siehe Kapitel 2.2.3). Daher wurden im Dezember 2006 die LUA Sachsen sowie das Landesamt für Verbraucherschutz Sachsen-Anhalt zu zentral auf Landesebene vorliegenden Angaben zu mikrobiologischen Grenzwertüberschreitungen des Trinkwassers im Zuge des Augusthochwassers 2002 angefragt. Es handelte sich um die von den Gesundheitsämtern festgestellten Grenzwertüberschreitungen des Trinkwassers der Parameter *E. coli*, coliforme Bakterien sowie Keimzahlen bei 20°C und bei 37°C³⁴ in den vom Augusthochwasser 2002 betroffenen Kreisen Sachsens und Sachsen-Anhalts. Der Zeitraum der Daten umfasste, wie in Kapitel 4.1.2 beschrieben, die Kalenderwochen 33 bis 44 der Jahre 2001 bis 2005. Mit den Angaben über mikrobiologische Belastungen konnte der Indikator „Ratio bakteriologischer Beanstandungen“ erstellt werden, der ein Element in der Beurteilung der Kreise hinsichtlich der Hochwasserbetroffenheit der Wasserversorgung darstellte.

4.2.3 Fallzahlen wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten

In Kapitel 2.3 wurden Hintergrundinformationen zu den von der WHO (2008) als wasserbürtig eingestuften Infektionskrankheiten sowie zu den hygieneabhängigen Infektionskrankheiten gegeben, die im Rahmen dieser Studie als Indikatoren für hochwasserbedingte quantitative und qualitative Probleme der Trinkwasserversorgung ausgewählt wurden (vgl. Kapitel 3). Ein Teil dieser Erreger ist auch in Deutschland endemisch und meldepflichtig. Die Wahrscheinlichkeit für eine Übertragung über das Trinkwasser, aber auch durch den direkten Kontakt von Mensch zu Mensch aufgrund von Hygienedefiziten bedingt durch Ausfälle der Wasserversorgung, steigt in Extremsituationen, wie z.B. bei einem Hochwasserereignis.

Zu den meldepflichtigen Infektionskrankheiten, die aufgrund hochwasserbedingter Probleme mit der Wasserversorgung vermehrt aufgetreten sein könnten, so dass es sich anbot gemeldete Fallzahlen während des Hochwassers im Rahmen dieser Studie zu analysieren, gehörten die A-Hepatitis, Campylobacteriosen, *E. coli*-Enteritiden, EHEC-Enteritiden, Giardiasen, Kryptosporidiosen, Noro- und Rotavirus-Erkrankungen, Salmonellosen, Shigellosen und die Yersiniosen (vgl. auch Bigl et al. 2003, Greer et al. 2008; siehe auch Kapitel 2.3).

Zur Untersuchung der Fragestellungen und der Hypothese wurden die nach Referenzdefinition (siehe Poggensee et al. 2006, RKI 2004a) gemeldeten Fallzahlen dieser Erkrankungen wo-

³⁴ Die Keimzahlen der LUA Sachsen wurden – anders als in der TrinkwV bei 22°C und bei 36°C vorgegeben – bei 20°C und bei 37°C bestimmt. Aufgrund einer nur geringen Differenz sind jedoch keine Auswirkungen auf die Aussagekraft der Parameter zu erwarten.

chenweise und für alle Kreise Sachsens und Sachsen-Anhalts über die Homepage des RKI abgerufen. Bei den übermittelten Fällen nach Referenzdefinition handelt es sich der RKI-Homepage nach um „symptomatische Erkrankungen mit Labornachweis oder ohne Labornachweis, wenn andere Fälle eines Ausbruchsgeschehen einen solchen Nachweis haben und ein epidemiologischer Zusammenhang besteht“ (RKI 2006b).

Da davon auszugehen ist, dass eine Exposition gegenüber verunreinigtem oder in nicht ausreichendem Maße zur Verfügung stehendem Trinkwasser während eines Hochwasserereignisses keine Ausdifferenzierung nach Geschlechts- und Altersgruppen hat (vgl. z.B. Herz-Picciotto 1998, siehe aber auch Esteve et al. 1994), erscheint eine getrennte Abfrage der Erkrankungen nach Geschlecht und Alter nicht zwingend erforderlich. Des Weiteren liegen für einen Großteil der Erkrankungen nur geringe Fallzahlen pro Kreis sowie eine hohe Variabilität vor, so dass statistische Analysen und Aussagen bei einer noch feineren Untergliederung erschwert werden würden (Hertz-Picciotto 1998).

Wie in Kapitel 4.1 erläutert und ausführlich in Kapitel 4.3 beschrieben, wurden die Daten der gemeldeten Fallzahlen zur Untersuchung des Vorflut-, Flut- und Nachflutzeitraums für die Kalenderwochen 25 bis 44 der Jahre 2001 bis 2005 erhoben.

4.3 Methodisches Vorgehen

Das methodische Vorgehen umfasst die Berechnung der Ratios bakteriologischer Beanstandungen des Trinkwassers, die Entwicklung von Kriterien zur Charakterisierung der Kreise abhängig vom Grad der Hochwasserbetroffenheit der Wasserversorgung sowie die Anwendung ausgewählter Verfahren zur Infektionskrankheiten-Surveillance.

4.3.1 Berechnung der Ratios bakteriologischer Beanstandungen des Trinkwassers

Der Indikator „Ratio bakteriologischer Beanstandungen“ basierte auf der Annahme, dass während des Auguthochwassers 2002 prozentual mehr bakteriologische Proben zu beanstanden waren als während der Referenzzeiträume. Die bakteriologischen Beanstandungen der Trinkwasserproben der öffentlichen Wasserversorgung während des Hochwasserereignisses in den Kalenderwochen 33 bis 44 im Jahr 2002 wurden daher mit den Beanstandungen in den Ka-

lenderwochen 33 bis 44 der Referenzjahre 2001 und 2003 bis 2005 durch die Bildung von Verhältniszahlen³⁵ verglichen (vgl. Kapitel 4.2.2).

Durch die Division der Anzahl beanstandeter Proben in den ausgewählten Kalenderwochen des Jahres 2002 durch die Anzahl entnommener Proben in diesen Kalenderwochen 2002 wurde die Beanstandungsquote₂₀₀₂ berechnet. Sie kann als prozentualer Anteil der beanstandeten Proben im Untersuchungszeitraum des Jahres 2002 an allen entnommenen Proben im selben Zeitraum definiert werden (Formel 1; vgl. auch Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt 2008). Für die Referenzjahre wurden insgesamt fünf dieser Quoten aus der Anzahl beanstandeter Proben in den Kalenderwochen 33 bis 44 in einem einzelnen Referenzjahr (2001, 2003, 2004 und 2005) bzw. in den genannten Kalenderwochen der gesamten Referenzjahre und der Anzahl entnommener Proben in diesem Zeitraum ermittelt (Beanstandungsquote_{RJ} sowie Beanstandungsquote_{ges}, vgl. Formel 2 und Formel 3).

Formel 1: Beanstandungsquote im Jahr 2002

$$\text{Beanstandungsquote}_{2002} = \frac{\text{Anzahl beanstandeter Proben 2002}}{\text{Anzahl entnommener Proben 2002}}$$

Formel 2: Beanstandungsquote in einem einzelnen Referenzjahr

$$\text{Beanstandungsquote}_{RJ} = \frac{\text{Anzahl beanstandeter Proben eines Referenzjahres}}{\text{Anzahl entnommener Proben eines Referenzjahres}}$$

Formel 3: Beanstandungsquote in allen Referenzjahren zusammen

$$\text{Beanstandungsquote}_{ges} = \frac{\text{Anzahl beanstandeter Proben der gesamten Referenzjahre}}{\text{Anzahl entnommener Proben der gesamten Referenzjahre}}$$

Mit diesen Quoten wurden „Beanstandungs-Ratios“ berechnet. Ein Beanstandungs-Ratio gibt das Verhältnis zwischen zwei Beanstandungsquoten an. Beim Beanstandungs-Ratio zwischen der Quote im Jahr 2002 und der in einem einzelnen Referenzjahr (Beanstandungs-Ratio_{RJ}, Formel 4) wird ein Quotient gebildet aus der Beanstandungsquote im Jahr 2002 und der Quote in einem der Referenzjahre 2001, 2003, 2004 oder 2005. Beim Beanstandungs-Ratio zwischen der Quote im Jahr 2002 und der Quote in allen Referenzjahren zusammen, wird die

³⁵ genauer: Indexzahlen, siehe Hartung et al. 2005.

Quote 2002 der Quote aller vier Jahre gegenübergestellt (Beanstandungs-Ratio_{ges}, Formel 5) (Hartung et al. 2005).

Formel 4: Beanstandungs-Ratio zwischen den Beanstandungsquoten im Jahr 2002 und denen in einem Referenzjahr

$$\text{Beanstandungs-Ratio}_{RJ} = \frac{\text{Beanstandungsquote}_{2002}}{\text{Beanstandungsquote}_{RJ}}$$

Formel 5: Beanstandungs-Ratio zwischen den Beanstandungsquoten im Jahr 2002 und denen in allen Referenzjahren

$$\text{Beanstandungs-Ratio}_{ges} = \frac{\text{Beanstandungsquote}_{2002}}{\text{Beanstandungsquote}_{ges}}$$

Ratios größer als 1 spiegeln höhere Beanstandungsquoten im Jahr 2002 als in den Referenzjahren wider, Ratios kleiner als 1 zeigen niedrigere Quoten im Jahr 2002. Die Ratios können in Prozent ausgedrückt werden. Ein Beanstandungs-Ratio_{ges} von z.B. 1,83 bedeutet, dass im Jahr 2002 eine 83% höherer Beanstandungsquote festzustellen war als in den Referenzjahren.

Um einen potentiell gesundheitsgefährdenden Hochwassereinfluss auf die Trinkwasserqualität erkennen zu können, wurde versucht, die Aussagekraft der Beanstandungs-Ratios in den einzelnen Kreisen einzuschätzen. Hierzu wurde als Grenzwert ein Ratio größer als 2 festgelegt. Die Festlegung des Grenzwertes erfolgte unter der Berücksichtigung einer natürlichen Schwankungsbreite. Bei einem Ratio größer als 2 lag die Beanstandungsquote im Jahr 2002 doppelt so hoch wie im Durchschnitt aller Referenzjahre. Da vor allem die Parameter *E. coli* und Keimzahl bei 37°C als Hinweise auf Trinkwasserkontaminationen fäkalen Ursprungs angesehen werden (vgl. Kap 2.2.4), wurde die Regel aufgestellt, dass das Beanstandungs-Ratio für mindestens einen dieser beiden Parameter den Grenzwert zu überschreiten hatte, um die Anzahl bakteriologischer Beanstandungen in dem betroffenen Kreis als ungewöhnlich hoch einzuschätzen.

4.3.2 Charakterisierung der Kreise nach der Hochwasserbetroffenheit der Wasserversorgung

Zur Definition der Bevölkerung unter Risiko („Population at risk“, Tyler & Last 1998), das heißt der gegenüber Trinkwasserbeeinträchtigungen exponierten Bevölkerung, waren Kreise

Sachsens und Sachsen-Anhalts zu identifizieren, in denen im Jahr 2002 die Wasserversorgung ausgefallen oder kontaminiert war. Zur Einschätzung der Beeinträchtigung der Wasserversorgung gegenüber dem Hochwasser wurden mithilfe der Fragebogenantworten (siehe Kapitel 4.2.1), der Angaben zu bakteriologischen Beanstandungen (siehe Kapitel 4.2.2) sowie der Angaben zum Katastrophenalarm und weiteren Hinweisen aus der Literatur (siehe Tabelle 16) Kriterien entwickelt, die eine Auswahl dieser Kreise ermöglichte (vgl. Kapitel 4.1.1). Bei der Kriterienwahl wurden Güteanforderungen wie Objektivität, Reproduzierbarkeit und Validität beachtet (vgl. Schnell et al 2005).

Es wurde angenommen, dass ein Vergleich der Erkrankungszahlen in stark vom Hochwasser und nicht vom Hochwasser betroffenen räumlich benachbarten Kreisen das Infektionsgeschehen erkennen lässt, das in den betrachteten Kalenderwochen auf den Hochwassereinfluss und nicht auf andere Faktoren zurückzuführen ist. Hierfür sollten die Bevölkerungsgrößen und Einordnungen als Stadt- oder als Landkreis der ausgewählten Kreise ähnlich sein, um das Auftreten auffälliger Fallzahlen miteinander vergleichen zu können. In den Kreisen, die anhand der Kriterien als stark bzw. nicht vom Hochwasser betroffene Kreise ausgewählt wurden, wurden zur Bearbeitung der zweiten Fragestellung und der Hypothese Verfahren der Infektionskrankheiten-Surveillance angewandt.

4.3.3 Verfahren zur Untersuchung des Infektionsgeschehens

Katastrophensituationen erfordern eine Surveillance, die schnell und einfach Hinweise auf Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen gibt, das heißt auf größere oder auch kleinere Häufungen von Fallzahlen oder aber auch auf außergewöhnlich niedrige Fallzahlen, die dadurch gekennzeichnet sind, dass sie signifikant von der Normalsituation abweichen und somit „auffallen“. Das Ziel der Auswertung von Auffälligkeiten ist die gebietsbezogene Erkennung von Ausbrüchen. Ärzte, Labore und Gesundheitsämter sollten hierfür möglichst frühzeitig Angaben über das Infektionsgeschehen der Umgebung erhalten (Van Loock 1994). Verfahren zur Erkennung signifikanter Häufungen dürfen daher nicht zu komplex sein und sollten zudem möglichst kleinräumige Informationen liefern (vgl. auch Hashimoto et al. 2000).

Zur Untersuchung der Hypothese wurde nach statistischen Verfahren gesucht, mit denen einerseits die gemeldeten Fallzahlen während des Auguthochwassers 2002 auf Auffälligkeiten analysiert werden konnten und aus denen andererseits Empfehlungen für weitere Katastrophenereignisse ableitbar sind. Wie bereits in Kapitel 4.1 beschrieben, haben z.B. Bigl et al. (2003) die Inzidenzraten der Erkrankungen des Zeitraums nach der Flutkatastrophe 2002 mit

dem Vorjahreswert und dem arithmetischen Mittelwert des 3-Jahresdurchschnittwertes der vorangegangenen Jahre verglichen, und Bissell (1983) nutzte dagegen die arithmetischen Mittelwerte der gemeldeten Fallzahlen mit ihrer dreifachen Standardabweichung als Grenzwert.

Ähnlich gehen Standardverfahren zur Surveillance von Infektionskrankheiten vor, wie sie auch im Rahmen von Frühwarnsystemen Anwendung finden, und die auch gemeldete Fallzahlen pro Raumeinheit anstatt Inzidenzraten zur Berechnung von Auffälligkeiten verwenden (CDC 1991, Dreesman & Scharlach 2004, Dreesman 2001, Hashimoto et al. 2000, Hutwagner et al. 1997, Reintjes et al. 2001, Rissland et al. 2003, Stroup et al. 1993, Stroup et al. 1989, Taeger & Boyke 2003; siehe auch Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit 2005, CDC 2004a, Kafadar & Stroup 1992, Widdowson et al. 2003).

Daher schien eine Anwendung ausgewählter Verfahren der Surveillance von Infektionskrankheiten (vgl. z.B. auch Stroup et al. 1989) – angelehnt an die Studie Bissells (1983) – auch für die vorliegende Studie zur Untersuchung des Infektionsgeschehens geeignet. Zu gängigen Surveillance-Verfahren gehören klassische Verfahren wie die Z-Transformation oder die Erstellung einer Abweichungsübersicht, robuste Verfahren wie die Berechnung von Median und Perzentilen sowie spezielle Verfahren zur Berechnung der Standardisierten Morbiditätsratios (SMR), zur Erstellung von Box-Plots sowie CUSUM (Cumulative Sums). Zudem ist es auch möglich Grenzwerte selbst zu definieren und zeitliche oder räumliche Verfahren anzuwenden (Dreesman & Scharlach 2004, Dreesman 2001, Hashimoto et al. 2000, Hutwagner et al. 1997, Reintjes et al. 2001, Rissland et al. 2003, Taeger & Boyke 2003).

Für die vorliegende Studie wurden zur Analyse des Infektionsgeschehens im Zuge des Augusthochwassers 2002 aus dem Kanon an Verfahren exemplarisch drei verschiedene Verfahren ausgewählt. Hintergrund für eine Auswahl mehrerer Verfahren ist, dass nach Rissland et al. (2003, S. 722) „keines der Verfahren für sich allein in der Detektion von Häufungen verlässlich ist. Der Grund liegt in den verschiedenen methodenbezogenen Voraussetzungen und verfahrensspezifischen Schwächen“.

Als Beispiele für klassische bzw. robuste Verfahren wurden die Berechnung von Perzentilen und die Z-Transformation ausgewählt, da sie bereits vielfach auf Landesebene oder der Ebene kleinräumigerer Einheiten wie z.B. auf der Ebene japanischer Präfekturen Anwendung finden, die verwaltungsmäßig den deutschen Bundesländern und bezogen auf ihre Bevölkerungszahl den deutschen Regierungsbezirken bzw. größten Kreisen entsprechen (siehe z.B. Hashimoto et al. 2000, Reintjes et al. 2001, Rissland et al. 2003, Taeger & Boyke 2003, ähnlich auch in Dreesman & Scharlach 2004). Die Berechnung der SMR ergänzt als spezielles Verfahren die

beiden anderen Methoden. Eingesetzt wird dieses Verfahren unter anderem im Landesinstitut für Gesundheit und Arbeit des Landes Nordrhein-Westfalen zur Infektionskrankheiten-Surveillance (Rissland et al. 2003, Sahai & Khurshid 1996, Taeger & Boyke 2003).

Gemeinsam ist allen drei Verfahren (Perzentile, Z-Transformation und SMR), dass sie Daten mehrerer Referenzzeiträume verwenden, um festzustellen, ob die Fallzahlen in einem Beobachtungszeitraum signifikant von denen in saisonal vergleichbaren Zeiträumen anderer Jahre abweichen. Durch die Nutzung mehrerer Referenzzeiträume wird eine natürliche Variabilität der Fallmeldungen berücksichtigt. Anhand der Fallzahlen in den Referenzzeiträumen wird ein Erwartungswert ermittelt, das heißt der Wert, der im Beobachtungszeitraum zu erwarten wäre. Sind die Fallzahlen im Beobachtungszeitraum höher oder niedriger als aufgrund der Vergleichswerte zu erwarten gewesen wäre, dann werden hierdurch Auffälligkeiten erkennbar (Dreesman & Scharlach 2004, Rissland et al. 2003, Taeger & Boyke 2003).

In der vorliegenden Studie wurden die drei Verfahren für ein zweiseitiges Testen herangezogen. Abweichungen nach oben und nach unten wurden untersucht, da durch diese Vorgehensweise neben der Untersuchung der Hypothese auch abgeschätzt werden konnte, ob 2002 aufgrund der Katastrophensituation und damit zusammenhängenden Einschränkungen der Gesundheitsversorgung oder einem höheren Trend zur Selbstmedikation eventuell auffällig weniger Fallmeldungen wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten bei den Meldebehörden eingingen als während der Referenzzeiträume (vgl. Kapitel 2.7.2 und Kapitel 2.7.3).

Referenzzeiträume liegen normalerweise in der Vergangenheit und umfassen in der Regel den aktuellen Vierwochenzeitraum, den vorherigen Vierwochenzeitraum und den nachfolgenden Vierwochenzeitraum der fünf Jahre vor einem Beobachtungszeitraum (vgl. Tabelle 19). Da es sich bei dem Augusthochwasser 2002 um ein zeitlich zurückliegendes Ereignis handelte, war es möglich, einen Referenzzeitraum zu verwenden, der die Anpassung des Meldewesens an das neue IfSG im Jahr 2001 berücksichtigte, indem er die Jahre 2001 und 2003 bis 2005 umfasste (vgl. auch Kapitel 4.1).

Die Berechnung der Erwartungswerte für den Vorflut-, Flut- und Nachflutzeitraum 2002 erfolgte anhand der in den Referenzzeiträumen gemeldeten Fallzahlen. Die Summe gemeldeter Fallzahlen in einem Beobachtungszeitraum wurde hierfür mit zwölf Summen gemeldeter Fallzahlen in den Referenzzeiträumen als Erwartungswert verglichen. Wie in Tabelle 19 veranschaulicht, wurden so der Summe gemeldeter Fallzahlen der Kalenderwochen 29 bis 32, 33 bis 36 bzw. 37 bis 40 des Jahres 2002 (X_0) die jeweiligen Fallzahlsummen der zwölf Refe-

renzzeiträume gegenübergestellt (X_1 - X_{12}) (Dreesman & Scharlach 2004, Stroup et al. 1993, Taeger & Boyke 2003; vgl. Kapitel 4.1.2 und Tabelle 18).

Um kleinräumige Effekte zu erkennen, wurden die Verfahren zur Analyse der gemeldeten Fälle in exemplarisch ausgewählten Kreisen angewandt, die in Kapitel 5.1.3 dargestellt werden (vgl. Hashimoto et al. 2000). Um vor der Anwendung der Surveillance-Verfahren einen ersten Überblick über das Infektionsgeschehen während des Auguthochwassers 2002 in diesen ausgewählten Kreisen zu erhalten, wurden die für die Kalenderwochen 29 bis 40 der Jahre 2001 bis 2005 übermittelten Fallzahlen der Infektionskrankheiten, die auch wasserbürtig bzw. hygieneabhängig sein können, für stark betroffene und nicht betroffene Kreise im gruppierten Säulendiagramm dargestellt (Tyler & Last 1998, vgl. Kapitel 5.1.3).

Tabelle 19: Berechnung der Erwartungswerte (X_0) im Vorflut-, Flut- und Nachflutzeitraum 2002 anhand der in den Referenzzeiträumen gemeldeten Fallzahlen (X_1 - X_{12})

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Jahr	Kalenderwochen		
	<i>Vorflutzeitraum</i>		
2002	$X_0=29+30+31+32$		
2001	$X_1=25+26+27+28$	$X_2=29+30+31+32$	$X_3=33+34+35+36$
2003	$X_4=25+26+27+28$	$X_5=29+30+31+32$	$X_6=33+34+35+36$
2004	$X_7=25+26+27+28$	$X_8=29+30+31+32$	$X_9=33+34+35+36$
2005	$X_{10}=25+26+27+28$	$X_{11}=29+30+31+32$	$X_{12}=33+34+35+36$
	<i>Flutzeitraum</i>		
2002	$X_0=33+34+35+36$		
2001	$X_1=29+30+31+32$	$X_2=33+34+35+36$	$X_3=37+38+39+40$
2003	$X_4=29+30+31+32$	$X_5=33+34+35+36$	$X_6=37+38+39+40$
2004	$X_7=29+30+31+32$	$X_8=33+34+35+36$	$X_9=37+38+39+40$
2005	$X_{10}=29+30+31+32$	$X_{11}=33+34+35+36$	$X_{12}=37+38+39+40$
	<i>Nachflutzeitraum</i>		
2002	$X_0=37+38+39+40$		
2001	$X_1=33+34+35+36$	$X_2=37+38+39+40$	$X_3=41+42+43+44$
2003	$X_4=33+34+35+36$	$X_5=37+38+39+40$	$X_6=41+42+43+44$
2004	$X_7=33+34+35+36$	$X_8=37+38+39+40$	$X_9=41+42+43+44$
2005	$X_{10}=33+34+35+36$	$X_{11}=37+38+39+40$	$X_{12}=41+42+43+44$

Im Folgenden werden die Charakteristika der drei ausgewählten Verfahren Perzentil-Berechnung, Z-Transformation und Berechnung der SMR genauer erläutert. Zur Bearbeitung

der Fragestellung und der Hypothese und auch aufgrund der oben angesprochenen Schwächen der einzelnen Verfahren (Rissland et al. 2003) erfolgte nach der Anwendung der drei Verfahren ein Vergleich der Ergebnisse.

Perzentil-Berechnung

Ein einfaches Verfahren zur Untersuchung gemeldeter Infektionserkrankungen ist die Berechnung von Perzentilen. Perzentil-Verfahren, auch Quantil-Verfahren genannt, gehören zu den robusten Verfahren, da sie keine Verteilungsfunktion voraussetzen und damit im Gegensatz zu den bei den klassischen Verfahren wie z.B. der Z-Standardisierung verwendeten Maßen arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung relativ robust gegenüber Ausreißern sind (vgl. Dreesman 2001, Hartung et al. 2005, Taeger & Boyke 2003).

Ein $q\%$ -Perzentil ist derjenige Merkmalswert einer der Größe nach geordneten Beobachtungsreihe, unterhalb dessen $q\%$ und oberhalb dessen $(100-q)\%$ der Werte der Verteilung liegen. Beim Perzentil P90 z.B. liegen 90% aller Fälle der Verteilung unterhalb dieses Punktes und 10% oberhalb. Handelt es sich bei diesem Wert um keine ganze Zahl, wird die nächstkleinere ganze Zahl verwendet (siehe z.B. Hartung et al. 2005).

Taeger & Boyke (2003) beschreiben in ihrem Bericht zur Umsetzung des IfSG im Landesinstitut für den Öffentlichen Gesundheitsdienst Nordrhein-Westfalen (Iögd)³⁶ die drei Perzentil-Verfahren „5%- und 95%-Perzentile“, „10%- und 90%-Perzentile“ und „25%- und 75%-Perzentile“ als geeignet zur Erkennung auffälliger Krankheitshäufungen (siehe auch Rissland et al. 2003). Stehen fünf Referenzjahre zum Vergleich mit dem Beobachtungszeitraum zur Verfügung, sind die 5%- und 95%-Perzentile am besten geeignet, um die Anzahl falsch-positiver Ergebnisse zu reduzieren; und bei nur zwei Referenzjahren ist die Verwendung der 25%- und 75%-Perzentile sinnvoll, um möglichst wenige falsch-negative Ergebnisse zu erhalten. Hashimoto et al. (2000) verwendeten bei einem einseitigen Test das 95%-Perzentil als das am nächsten an der kritischen Schwelle zur Anzeige einer auffälligen Häufung liegende.

In der vorliegenden Studie standen zum einen nur vier statt fünf Referenzjahre zur Verfügung (2001, 2003, 2004 und 2005) und zum anderen wurde zweiseitig getestet, um, wie in Kapitel 4.3.3 beschrieben, auch potentiell hochwasserbedingt auffällige Abweichungen nach unten erkennen zu können. Daher wurde das Verfahren mit 10%- und 90%-Perzentilen ausgewählt.

³⁶ Seit dem 01.01.2008 Landesinstitut für Gesundheit und Arbeit des Landes Nordrhein-Westfalen.

Die 10%- und 90%-Perzentile wurden aus den jeweils zwölf vierwöchigen Referenzzeiträumen der zum Vorflut-, Flut- bzw. Nachflutzeitraum zugehörigen Fallzahlsummen in den Jahren 2001 und 2003 bis 2005 berechnet. Für den Vorflutzeitraum waren dies die Kalenderwochen 25 bis 28, 29 bis 32 und 33 bis 36, im Flutzeitraum die Wochen 29 bis 32, 33 bis 36 und 37 bis 40 und im Nachflutzeitraum die Kalenderwochen 33 bis 36, 37 bis 40 und 41 bis 44 (vgl. Tabelle 19).

Der Vierwochenwert der im Beobachtungszeitraum (Vorflut, Flut- bzw. Nachflutzeitraum 2002) gemeldeten Fallzahlen wurde dann mit dem entsprechenden Perzentil der Fallzahlsummen der Referenzzeiträume verglichen. Die gemeldeten Fallzahlen im Vierwochenzeitraum 2002 wurden als auffällig eingestuft, wenn sie höher oder niedriger lagen als die Grenzwerte, die durch die 10%- und 90%-Perzentile bestimmt wurden. Bei einer Überschreitung war die Anzahl an Fällen im Beobachtungszeitraum 2002 größer als der Wert des 90%-Perzentils des Referenzzeitraumes, und auffällig wenige Fälle wurden 2002 gemeldet, wenn die Fallzahlsumme 2002 den Wert des 10%-Perzentils der Referenzzeiträume unterschritt.

Die Summen der Fallzahlen der potentiell wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Infektionskrankheiten im Vorflut-, Flut- und Nachflutzeitraum 2002 und die dazugehörigen Perzentile der Summen der Fallzahlen in den zwölf Referenzzeiträumen sind in Kapitel 5.2.2 in Form von Tabellen bzw. Diagrammen dargestellt. In die Abbildungen der Perzentile wurden zur besseren Übersichtlichkeit der Ergebnisse auch die Spannweitenlinien der Fallzahlen in den zwölf Referenzzeiträumen integriert, die den Minima und Maxima der Fallzahlen in den Referenzzeiträumen entsprechen.

Z-Transformation

Durch eine Z-Transformation können Zufallsvariablen unterschiedlicher Skalen vergleichbar gemacht bzw. standardisiert werden, indem sie in Relation zum arithmetischen Mittelwert und zur Standardabweichung gesetzt werden. Ein Z-Wert spiegelt daher nicht den realen Wert auf einer Skala wieder, sondern gibt mithilfe der Standardabweichung die relative Lage zum arithmetischen Mittelwert an. In der vorliegenden Studie wurden die gemeldeten Erkrankungsfälle während des Hochwassers 2002 mit den Fällen während der Referenzzeiträume vergleichbar gemacht, indem die Fälle während des Hochwassers in Relation zum arithmetischen Mittelwert und zur Standardabweichung der Fälle in den Referenzjahren gesetzt wurden.

Die Darstellung von Z-Werten in einem Diagramm ermöglicht eine schnelle und übersichtliche Erkennung signifikanter Abweichungen, da diese – im Gegensatz zur „Abweichungsübersicht“, die auf einer logarithmierten Skala das Verhältnis zwischen beobachteten und erwarteten Fallzahlen erkennen lässt (vgl. Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit 2005, CDC 1991, Dreesman et al. 2001, Stroup et al. 1993, Stroup et al. 1989) – immer an derselben Stelle der Skala beginnt³⁷. Beim Infektionskrankheiten-Barometer des Landes Nordrhein-Westfalen beginnt der Grenzwert bei der $\pm 1,645$ -fachen Standardabweichung vom arithmetischen Mittelwert (Reintjes et al. 2001, Rissland et al. 2003). Ein Wert kleiner als Null weist auf weniger Meldungen während des Hochwasserzeitraums im Jahr 2002 hin, und ein Wert größer als Null zeigt mehr Meldungen als in den Referenzzeiträumen an. Z-Werte, die die Grenze von $\pm 1,645$ über- bzw. unterschreiten, deuten auf Abweichungen der Fallzahlen im Jahr 2002 hin, die vermutlich nicht zufällig sind (vgl. auch Abbildung 5).

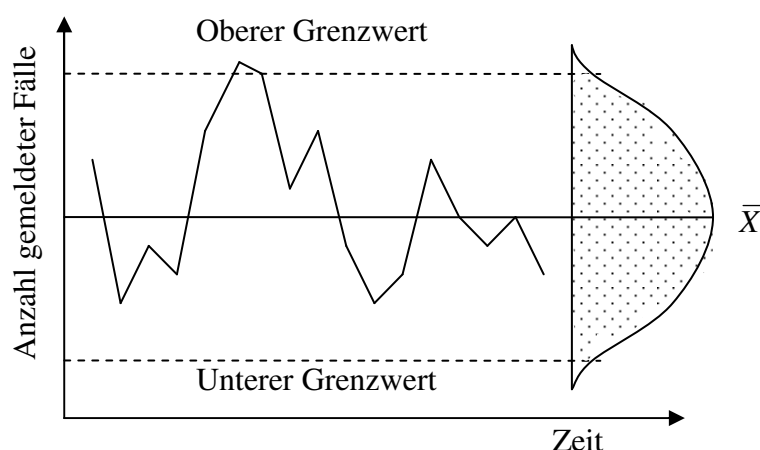


Abbildung 5: Variabilität gemeldeter Fallzahlen über die Zeit

Quelle: Modifiziert nach Reintjes et al. 2001.

Die Berechnung des Z-Wertes erfolgte – wie beim Infektionskrankheiten-Barometer Nordrhein-Westfalen (NRW) – gemäß folgender Formeln (angepasst nach Taeger & Boyke 2003, siehe auch Hartung et al. 2005):

$$Z = \frac{(X - \bar{X})}{S}$$
, wobei X der zu standardisierende beobachtete Wert im Jahr 2002 und \bar{X} der arithmetische Mittelwert aller Vierwochen-Referenzzeiträume ist, also

³⁷ Im Gegensatz zur „Abweichungsübersicht“, die auf einer logarithmierten Skala das Verhältnis zwischen beobachteten und erwarteten Fallzahlen erkennen lässt, vgl. Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit 2005, CDC 1991, Dreesman et al. 2001, Stroup et al. 1993, Stroup et al. 1989.

$\bar{X} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k X_i$ mit $k =$ Anzahl der zwölf Referenzzeiträume (vgl. Tabelle 19). S ist die Standardabweichung der Vierwochen-Referenzzeiträume und wird berechnet mit der Formel

$$S = \sqrt{\frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X})^2}.$$

Wie oben bereits dargestellt, wird der Z-Wert mit dem 90%-Perzentil der Standardnormalverteilung verglichen, so dass sich als Entscheidungsregel ergibt:

$$|Z| > 1,645$$

Oberer Grenzwert: $\bar{X} + 1,645 \times S$

Unterer Grenzwert: $\bar{X} - 1,645 \times S$

Zur Ermittlung des Z-Wertes der Referenzzeiträume wurden in der vorliegenden Studie die arithmetischen Mittelwerte und die Standardabweichungen der zwölf Vierwochenzeiträume der Jahre 2001 und 2003 bis 2005 berechnet (vgl. Tabelle 19). Diese Werte wurden mit dem Wert des jeweiligen Beobachtungszeitraums (Flut- oder Nachflutzeitraum 2002) verglichen, und wie beim Infektionskrankheiten-Barometer NRW diente als Grenzwert die bereits genannte 1,645-fache Standardabweichung des arithmetischen Mittelwertes (Reintjes et al. 2001, Rissland et al. 2003).

Voraussetzung für die Berechnung des Z-Wertes ist, dass die Fallzahlen in den Referenzzeiträumen normalverteilt sind oder zumindest eine symmetrische Verteilung vorliegt (Rissland et al. 2003, Taeger & Boyke 2003). Daher wurde für die gemeldeten Fallzahlen der ausgewählten Erkrankungen ein Test auf Normalverteilung durchgeführt und die Häufigkeitsverteilungen wurden in Histogrammen dargestellt.

Der Test auf Normalverteilung erfolgte mit einem χ^2 -Anpassungstest. Die Nullhypothese H_0 nahm an, dass die Fallzahlen mit $N(\mu_0, \sigma_0^2)$ normalverteilt sind. Die H_0 -Hypothese wurde gegen die Alternativhypothese H_1 getestet, die annahm, dass die Grundgesamtheit mit $N(\mu_0, \sigma_0^2)$ nicht normalverteilt ist. Getestet wurde die Hypothese zum Signifikanzniveau $\alpha = 5\%$. Nicht abgelehnt wurden die Hypothese H_0 bei $P > 0,05$ und die Alternativhypothese H_1 bei $P < 0,05$ (vgl. Bortz & Döring 2006).

Die Tests auf Normalverteilung wurden für die gemeldeten Fallzahlen aller Erkrankungen in den 20 Vierwochenzeiträumen zwischen den Kalenderwochen 25 und 44 der Jahre 2001 und

2003 bis 2005 in den exemplarisch ausgewählten Kreisen durchgeführt (vgl. Kapitel 4.1.1 und Kapitel 5.2.3).

Berechnung Standardisierter Morbiditätsratios (SMR)

Standardisierte Mortalitäts- bzw. Morbiditäts(raten)ratios geben das Verhältnis zwischen der Mortalitäts- bzw. Morbiditätsrate eines bestimmten Kollektivs und der Mortalitäts- bzw. Morbiditätsrate eines Referenzkollektivs unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht an. Sie werden als relatives Maß – ähnlich wie das Relative Risiko – häufig im Rahmen von Kohortenstudien berechnet zur Untersuchung des Risikounterschiedes zwischen einer exponierten und einer nicht exponierten Bevölkerung (Sahai & Khurshid 1996). Sie können aber auch verwendet werden zur Analyse der zeitlichen und/oder räumlichen Entwicklung bzw. der Unterschiede der Morbidität oder Mortalität (siehe z.B. Strauss et al. 2003, Weber et al. 1989). Dies rechtfertigt auch den Einsatz von SMR im Rahmen der Infektionskrankheiten-Surveillance, wie er z.B. von Rissland et al. (2003) beschrieben wird (siehe auch Taeger & Boyke 2003). Hierbei werden Fallzahlen derselben Raumeinheit über die Zeit miteinander verglichen, so dass keine Alters- und Geschlechtsstandardisierung notwendig ist.

Mit dem Standardisierten Morbiditätsratio Z werden Abweichungen der Fallzahlen im Beobachtungszeitraum X von denen im Referenzzeitraum festgestellt. Z wird berechnet mit der Formel

$Z = \frac{X}{\bar{X}}$, wobei \bar{X} der arithmetische Mittelwert der Fallzahlen aller Vierwochen-Referenzzeiträume ist.

Um den Wert Z lässt sich dann ein 90%-Konfidenzintervall (KI) bilden. Eine auffällige Abweichung nach oben liegt vor, wenn

$Z \times \left[1 - \frac{1}{9X} - \frac{1,645}{3\sqrt{X}} \right]^3 > 1$ ist. Auffällig wenige Fallzahlen werden durch

$Z \times \frac{X+1}{X} \left[1 - \frac{1}{9(X+1)} - \frac{1,645}{3\sqrt{X+1}} \right]^3 < 1$ festgestellt (Taeger & Boyke 2003, modifiziert nach

Sahai & Khurshid 1996).

Die SMR und die dazugehörigen Konfidenzintervalle wurden für den Flutzeitraum, das heißt für die Kalenderwochen 33 bis 36 im Jahr 2002 sowie für den Nachflutzeitraum berechnet, der sich aus den Kalenderwochen 37 bis 40 ergibt. Die Ergebnisse wurden in Form von Grafiken und in einer Übersichtstabelle dargestellt.

4.4 *Verwendete Software*

Zur Berechnung der Ratios bakteriologischer Beanstandungen, der Perzentile, Z-Werte und der SMR wurde Microsoft® Excel, Version 2002 verwendet. Der Test auf Normalverteilung erfolgte mit WinSTAT, einem Statistik-Add-In für Microsoft® Excel (vgl. Rienhoff & Kleinöder 2002). Die Karten, mit denen im Ergebnisteil die Hochwasser- und Referenzkreise Sachsens und Sachsen-Anhalts dargestellt sind, wurden mit dem Geographischen Informationssystem (GIS) ArcView GIS Version 3.0 der Firma ESRI (Environmental Systems Research Institute, Redlands, USA) erstellt.

5 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Studie basieren auf der Befragung der Gesundheitsämter, den Ratios bakteriologischer Beanstandungen sowie den Perzentilen, den Z-Werten und den SMR der potentiell wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Infektionskrankheiten.

5.1 Hochwasserbetroffenheit der Wasserversorgung in Sachsen und Sachsen-Anhalt

Die Ergebnisse der Befragung in den Gesundheitsämtern Sachsens und Sachsen-Anhalts zur Betroffenheit der Wasserversorgung während des Augusthochwassers 2002 wurden durch Angaben aus der LUA Sachsen sowie weiteren Informationen aus der Literatur ergänzt. Diese Angaben wurden kombiniert und zur Entwicklung von Kriterien zur Klassifizierung der Kreise verwendet.

5.1.1 Befragungsergebnisse

Hintergrundinformationen zur Befragung

Die Gesundheitsämter Sachsens und Sachsen-Anhalts wurden nach den Auswirkungen des Augusthochwassers 2002 auf die öffentliche Wasserversorgung befragt, um genauer einschätzen zu können, welche Kreise in welchem Ausmaß betroffen waren. Mit der Befragung wurden konkrete Informationen über die Betroffenheit der Wasserversorgung während und nach dem Hochwasser eingeholt. Diese Informationen dienten als ein Kriterium zur Kategorisierung der Kreise (Fragebogen siehe Anhang).

Durch die Befragungsstrategie (per E-Mail, telefonisch, schriftlich) und ein mehrmaliges Kontaktieren der Einrichtungen konnte eine Response Rate von 100% erreicht werden. Die hohe Antwortrate impliziert jedoch qualitativ nicht immer vergleichbare Ergebnisse zu den Fragenkomplexen nach Betroffenheit, Beeinträchtigungen, Ausfällen und Ersatzversorgungen der Wasserversorgung während des Augusthochwassers 2002 sowie nach zeitlich assoziierten Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen.

In Kreisen, die relativ stark von der Flut betroffen waren, bestanden in mehreren Gesundheitsämtern Probleme, die Fragen nach Zeiträumen und dem betroffenen Personenkreis detailliert zu beantworten. Gründe waren z.B., dass nicht in allen Gesundheitsämtern die Geschehnisse 2002 dokumentiert wurden oder keine Angaben zu den angefragten Informationen vor-

lagen. Die Schwierigkeit Zeiträume zu konkretisieren wird z.B. daran deutlich, dass während des Verlaufs eines Telefoninterviews die Angaben zur zeitlichen Dimension der eingeschränkten Wasserversorgung zwischen vier bis zehn, vier bis sechs und etwa acht Wochen variierten.

Auch Personalwechsel und Zeitmangel sowie das Vorliegen heterogener Versorgungsstrukturen in den einzelnen Kreisen erschwerten die Sammlung von Informationen über die Geschehnisse 2002. So fügte z.B. ein Gesundheitsamt dem Fragebogen Zusatzinformationen für die einzelnen vom Hochwasser betroffenen Wasserversorgungsgebiete bei, durch die erkennbar wird, wie schwierig Pauschalaussagen zur Betroffenheit eines Kreises sind (vgl. Tabelle 20).

Tabelle 20: Hochwasserbedingte Wasserversorgungsprobleme eines Landkreises im Jahr 2002

Quelle: Auskunft aus einem Gesundheitsamt 2006; verschlüsselt.

Wasserwerk	I	II	III	IV
Wasserversorger	A	B	C	
versorgte Einwohner	~20% der Kreisbevölkerung	~7% der Kreisbevölkerung	~20% der Kreisbevölkerung	
Probleme	Überflutung 18./19.08.2002	Überflutung 17./18.08.2002	Am 13.08.2002 vom Netz genommen	Überflutung am 18.08.2002
Ersatzversorgung	Versorgung über ein nicht überflutetes Wasserwerk	Versorgung mittels Wasserwagen, Schlauchleitungen etc.	Versorgung durch andere Wasserwerke der Fernwasserversorgung aus nicht überfluteten Gebieten	
Grenzwertüberschreitungen der Ersatzversorgung während des Hochwassers	Nein	Ja	Nein	Nein
Maßnahmen zur Verbesserung der Trinkwasserqualität	Keine	Abkochgebot, erhöhter Chloreinsatz	Keine	Keine
Wiederinbetriebnahme nach Vorliegen einwandfreier Analysen	16.09.2002	09.09.2002	09.09.2002	05.09.2002

Auch personelle Gründe beeinflussten die Bereitschaft zur Teilnahme an der Befragung. Zwei Gesundheitsämter haben nach dem ersten Kontakt aufgrund personeller Engpässe eine Teilnahme abgelehnt, aber nach erneuter Kontaktaufnahme Auskunft erteilt. Insgesamt reichte der Kanon an Auskünften von eher knappen bis hin zu vielen und detaillierten Angaben. In einigen Kreisen wurde direkt auf die Wasserversorger verwiesen, die zum Teil sehr ausführliche Informationen bereitstellten.

In den Telefoninterviews wurden häufig auch Hintergrundinformationen gegeben, die zu einem besseren Verständnis für diese Arbeit beitrugen. Insgesamt stieß die Untersuchung auf

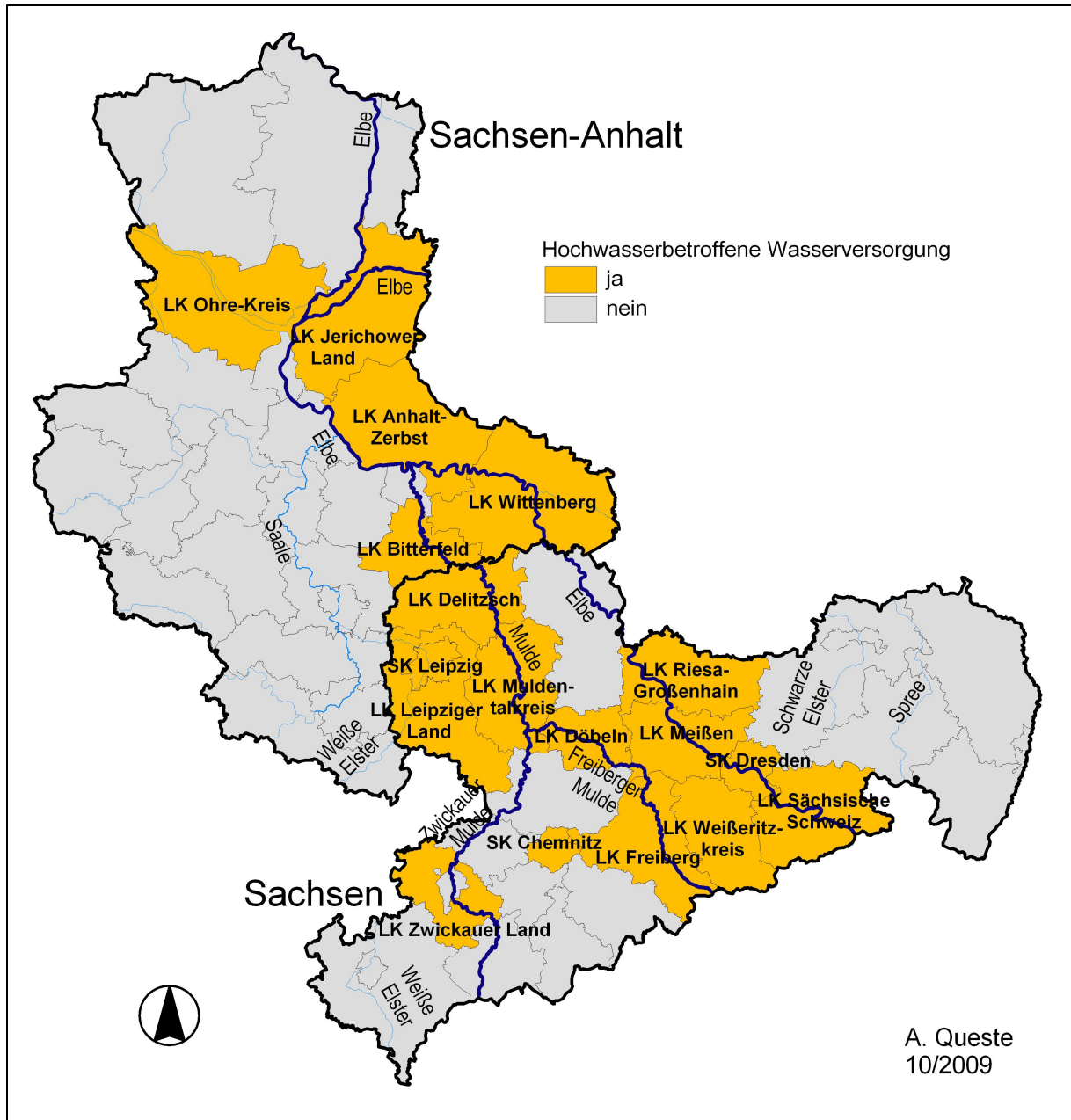
ein relativ großes Interesse bei den Interviewten. Negative Anmerkungen oder Kritik zur Befragung wurden bezüglich des zeitlichen Mehraufwandes geäußert.

Ein Vergleich der Fragebogen-Ergebnisse mit Angaben in der Literatur zeigte eine Übereinstimmung der Angaben für die Kreise, über die Informationen verfügbar waren (vgl. z.B. Andritschke 2003, Freistaat Sachsen 2003, <http://www.metapage.de> o. J., LUA Sachsen 2003, Ministerium des Innern des Landes Sachsen-Anhalt o. J., Sächsisches Staatsministerium für Soziales, Gesundheit und Familie 2002, von Kirchbach et al. 2002).

Ergebnisse der Befragung

Die Ergebnisse der Befragung sind in Tabelle 21 bis Tabelle 24 dargestellt. Karte 1 zeigt die 18 Kreise Sachsens und Sachsen-Anhalts, in denen nach Auskunft der Gesundheitsämter die Wasserversorgung vom Augusthochwasser 2002 betroffen war. Die Art der Hochwasserbetroffenheit ist in Tabelle 21 bis Tabelle 23 spezifiziert. In Sachsen gehörten 13 der 29 Kreise zu denen mit Schäden an der Wasserversorgungsinfrastruktur oder Beeinträchtigungen der Wasserqualität (45%), und in Sachsen-Anhalt wiesen fünf von 24 Kreisen Versorgungsprobleme bzw. Kontaminationen des Trinkwassers auf (21%).

In zwölf und somit in 66% der 18 Kreise mit hochwasserbetroffener Wasserversorgung war die Versorgung eingeschränkt (Tabelle 21). Zur Überbrückung der Versorgung wurden am häufigsten Verbundsysteme bzw. Schlauch-, Ring- und Interimsleitungen verwendet (in insgesamt neun Kreisen). Aus zwei Kreisen gab es die Information, dass mobile Wasserwerke des Technischen Hilfswerks (THW) eingesetzt wurden, und in einem weiteren Kreis wurde ein Hochbehälter von der Bundeswehr befüllt, um die Versorgung sicherzustellen. Insgesamt kamen in 8 von 10 und somit in 80% der betroffenen Kreise, in denen Versorgungseinschränkungen vorlagen und Überbrückungsmaßnahmen spezifiziert wurden, Verbundsysteme zum Einsatz.



Karte 1: Kreise Sachsens und Sachsen-Anhalts mit hochwasserbetroffener Wasserversorgung

Quelle: Angaben der Gesundheitsämter Sachsens und Sachsen-Anhalts; eigene Darstellung 2009.

Tabelle 21: Einschränkungen der Wasserversorgung während des Augusthochwassers 2002

Quelle: Angaben der Gesundheitsämter Sachsens und Sachsen-Anhalts; eigene Darstellung 2009.

Kreis	Versorgungseinschränkungen	Maßnahmen zur Überbrückung	Kalenderwochen eingeschränkter Versorgung	Betroffene der Einschränkungen
LK Delitzsch	Ja	Verbundsystem	33-40	30.000 (25% der Einw.)
LK Döbeln	Ja	Verbundsystem, Interimsleitung, mobiles Wasserwerk	33-34	10.000 (14% der Einw.)
LK Freiberg	Ja			
LK Leipziger Land	Nein			
LK Meißen	Ja	Hochbehälterfüllung mit Wasserwerfern	33	
LK Muldentalkreis	Ja	Verbundsystem	33-40	100.000 (80% der Einw.)
LK Riesa-Großenhain	Ja	Verbundsystem		
LK Sächsische Schweiz	Nein			
LK Weißeritzkreis	Ja	Verbundsystem	33-39	62.000 (50% der Einw.)
LK Zwickauer Land	Ja	Verbundsystem		11.900 (9% der Einw.)
SK Chemnitz	Ja	-	33	~50 (20 Haushalte)
SK Dresden	Nein			
SK Leipzig	Nein			
LK Anhalt-Zerbst	Ja	Verbundsystem		
LK Bitterfeld	Ja	Schlauchleitung	33-50	
LK Jerichower Land	Nein			
LK Ohre-Kreis	Nein			
LK Wittenberg	Ja	Verbundsystem, mobile Wasserwerke, Ring- und Interimsleitungen	33-37	68.000 (48% der Einw.)

In zehn der 18 Kreise mit hochwasserbetroffener Wasserversorgung, das entspricht 56%, fiel die öffentliche Versorgung für Teile der Bevölkerung aus (Tabelle 22). Die Versorgung erfolgte über Ersatzversorgungsmaßnahmen, zu denen vor allem die Nutzung von Wasserwagen (in acht Kreisen) und Wasserflaschen (in vier Kreisen) gehörten. In einem Kreis wurden zur Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser mehrere „Notbrunnen“³⁸ gebohrt. Die Nutzung von Wasserwagen und/oder Wasserflaschen erfolgte in allen Kreisen mit ausgefallener Wasserversorgung, in denen Maßnahmen zur Ersatzwasserversorgung genannt wurden bzw. in denen die Einwohner nicht evakuiert waren.

³⁸ Notbrunnen nicht im Sinne des WasSiG.

Tabelle 22: Ausfälle der Wasserversorgung während des Auguthochwassers 2002

Quelle: Angaben der Gesundheitsämter Sachsens und Sachsen-Anhalts; eigene Darstellung 2009.

Kreis	Versorgungsausfälle	Kalenderwochen des Ausfalls	Betroffene des Ausfalls	Ersatzversorgung	Betroffene der Ersatzversorgung
LK Delitzsch	Ja	33-40		Wasserwagen	
LK Döbeln	Ja	33	5.000 (7% der Einw.)	Wasserwagen, Wasserflaschen	2.000 (3% der Einw.)
LK Freiberg	Ja				
LK Leipziger Land	Nein				
LK Meißen ^a	Ja	33		Wasserwagen	
LK Muldentalkreis	Ja			Wasserflaschen, Wasserwagen	
LK Riesa-Großenhain	Nein				
LK Sächsische Schweiz	Ja			Wasserwagen	
LK Weißeritzkreis	Ja			Wasserwagen, Wasserflaschen, „Notbrunnen“	
LK Zwickauer Land	Nein				
SK Chemnitz	Ja	33	50 (20 Haushalte)	Nein (Einw. evakuiert)	
SK Dresden	Nein ^b				
SK Leipzig	Nein				
LK Anhalt-Zerbst	Nein			Nein	
LK Bitterfeld	Ja	33	400 (0,4% der Einw.)	Wasserwagen, Wasserflaschen	400 (0,4% der Einw.)
LK Jerichower Land	Nein				
LK Ohre-Kreis	Nein				
LK Wittenberg	Ja			Wasserwagen	

a. Ergänzt nach von Kirchbach et al. 2002: Ausfall der Wasserversorgung in der Stadt Coswig (20.000 Einwohner) vom 13.-16.08.2002; Ersatzversorgung über Wasserwagen

b. Ausfall von 2 von 3 Wasserwerken, kein Ausfall der Wasserversorgung

Die Trinkwasserqualität war während des Untersuchungszeitraums in neun der 18 Kreise und damit in 50% der Kreise mit hochwasserbetroffener Wasserversorgung beeinträchtigt (Tabelle 23). Bezogen auf die Bevölkerung bedeutete das, das mindestens eine Bevölkerungsgruppe in Höhe von 686.800 Einwohnern gegenüber Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität exponiert war (674.500 Einwohner in Sachsen und 12.300 Einwohner in Sachsen-Anhalt).³⁹

³⁹ Ein Vergleich dieser Angaben mit Daten der Tabelle „Bakteriologische Beanstandungen bei den verschiedenen Anlagenarten“ im Jahresbericht 2002 der LUA Sachsen (2003, S. 68) zeigt eine Differenz in Höhe von 19.500 Einwohnern auf (655.000 betroffene Einwohner und damit 14,9% der Bevölkerung Sachsens im Jahresbericht 2002 der LUA Sachsen versus 674.500 betroffene Einwohner in dieser Studie). Diese Differenz kann dadurch erklärt werden, dass aus einigen Gesundheitsämtern nur grobe Schätzwerte vorlagen, während aus anderen Gesundheitsämtern keine Angaben zur Größe der exponierten Bevölkerungsgruppe gemacht werden konnten.

Tabelle 23: Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität während des Augusthochwassers 2002

Quelle: Angaben der Gesundheitsämter Sachsens und Sachsen-Anhalts; eigene Darstellung 2009.

Kreis	Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität	Grenzwertüberschreitungen	Kalenderwochen der Grenzwertüberschreitungen	Betroffene der Grenzwertüberschreitungen	Maßnahmen zur Verbesserung der Trinkwasserqualität
LK Delitzsch	Ja	Ja	40-44	30.000 (25% der Einw.)	Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration, Rohrnetzspülung, Abkochgebot
LK Döbeln	Nein	Nein			Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration vorsorglich für ca. 1/2 Jahr
LK Freiberg	Ja				
LK Leipziger Land	Ja	Ja	Kurz	150.500 (100% der Einw.)	Abkochgebot
LK Meißen	Nein	Nein			Abkochgebot vorsorglich
LK Muldentalkreis	Ja		33-43	129.000 (100% der Einw.) ^a	Abkochgebot, Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration
LK Riesa-Großenhain	Nein				
LK Sächsische Schweiz	Nein				
LK Weißeritzkreis	Nein	Nein			
LK Zwickauer Land	Nein				
SK Chemnitz	Nein				Nein
SK Dresden	nein				Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration vorsorglich
SK Leipzig	Ja	Ja, erhöhte Keimzahlen	Kurz	365.000 (75% der Einw.)	Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration, Abkochgebot
LK Anhalt-Zerbst	Nein	Nein			Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration vorsorglich
LK Bitterfeld	Ja		33-50		Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration, Abkochgebot
LK Jerichower Land	Ja	Ja, <i>E. coli</i>	33-34	1000 (1% der Einw.)	Rohrnetzspülung, Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration
LK Ohre-Kreis	Ja	Ja		Keine	
LK Wittenberg	Ja	Ja	33-37	11.300 (8% der Einw.)	Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration, Abkochgebot

a. Ergänzt nach LUA Sachsen (2003)

Direkte Maßnahmen zur Verbesserung der Trinkwasserqualität und zum Schutz der Bevölkerung vor gesundheitlichen Auswirkungen waren die Aussprache von Abkochgeboten (in sechs Kreisen bzw. in 33% der hochwasserbetroffenen Kreise), die Rohrnetzspülung (in zwei Kreisen bzw. in 4% der hochwasserbetroffenen Kreise) sowie die Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration (in acht Kreisen bzw. in 44% der hochwasserbetroffenen Kreise). Aus einem der neun Kreise lagen keine Angaben zu Desinfektionsmaßnahmen vor, und in einem anderen Kreis waren keine Einwohner von den bakteriologischen Beanstandungen betroffen, so dass sich die Ergreifung von Maßnahmen erübrigte. In vier weiteren Kreisen wurden Maßnahmen, mit denen eine Verbesserung der Trinkwasserqualität bei möglichen bakteriologischen Beanstandungen erreicht werden kann, präventiv umgesetzt (in 22% der hochwasserbetroffenen Kreise). Vor der Inbetriebnahme von Ersatzversorgungen wurde in drei Kreisen eine Erhö-

hung der Desinfektionsmittelkonzentration durchgeführt, und in einem Kreis erfolgte die Aussprache eines Abkochgebotes vorsorglich, das heißt ohne Hinweise auf bakteriologische Verunreinigungen.

Gegenüber den Einschränkungen und Ausfällen der Wasserversorgung sowie den Ersatzversorgungssystemen exponiert war in einigen Kreisen die gesamte Bevölkerung (siehe Tabelle 21 und Tabelle 22). In anderen Kreisen wiederum handelte es sich bei der Gruppe der Exponierten nur um wenige Haushalte.

Da aus mehreren Kreisen zu betroffenen Bevölkerungsanteilen keine Angaben vorlagen oder sie nicht eindeutig zu Einschränkungen, Ausfällen oder Ersatzversorgungsmaßnahmen zuzuordnen waren, wurde auf die Einbeziehung dieser Information zur Kriterienauswahl sowie zur weiteren Charakterisierung der Exposition verzichtet. Ähnlich wurde mit den Zeitangaben verfahren. Die Wasserversorgungsprobleme bestanden in einigen Kreisen nur wenige Tage, in anderen jedoch wurden über ein halbes Jahr Maßnahmen zur Verbesserung der Trinkwasserqualität durchgeführt (vgl. Tabelle 23). Da zeitliche Angaben nicht in allen Gesundheitsämtern verfügbar oder zusammenzustellen waren, wurden diese Informationen nicht für weitere Analysen verwendet.

Tabelle 24: Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen während des Auguthochwassers 2002

Quelle: Angaben der Gesundheitsämter Sachsens und Sachsen-Anhalts; eigene Darstellung 2009.

Kreis	Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen
LK Delitzsch	Nein
LK Döbeln	Nein
LK Freiberg	k. A.
LK Leipziger Land	Nein
LK Meißen	Nein
LK Muldentalkreis	9 Durchfallerkrankte, aber kein Zusammenhang mit dem Hochwasser
LK Riesa-Großenhain	Nein
LK Sächsische Schweiz	Nein
LK Weißeritzkreis	Nein
LK Zwickauer Land	Nein
SK Chemnitz	Nein
SK Dresden	1 Leptospirose-Fall
SK Leipzig	Nein
LK Anhalt-Zerbst	Nein
LK Bitterfeld	Nein
LK Jerichower Land	Nein
LK Ohre-Kreis	Nein
LK Wittenberg	Nein

k. A.: keine Angabe

Die Frage nach Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen wurde in allen Kreisen mit nicht betroffener Wasserversorgung und in 15 der 18 Kreise, 83% entsprechend, mit betroffener Wasserversorgung verneint (vgl. Tabelle 24). Aus einem Kreis lag keine Information vor. Nur zwei Kreise berichteten über Auffälligkeiten während des Untersuchungszeitraums. In einem dieser Kreise litten neun Personen unter Durchfall, aber die „Befunde waren negativ“ und es wurde kein Zusammenhang mit dem Hochwasser gesehen. Definitiv hochwasserassoziiert war dagegen ein Leptospirose-Fall bei einem Fluthelfer.

Während der Telefoninterviews lieferten mehrere der Interviewten aus den Gesundheitsämtern zusätzliche Informationen, die nicht in das Fragebogenschema integriert werden konnten, aber die für die Bearbeitung der Fragestellungen und der Hypothese gewinnbringend sind. Diese sind in Bericht 5 zusammengestellt.

Bericht 5: Hintergrundinformationen aus den Gesundheitsämtern Sachsens und Sachsen-Anhalts

Ausfälle der Versorgung, Grenzwertüberschreitungen, Auftreten von Infektionskrankheiten und Impfungen

- Von Mai bis Juli 2002 gab es im Vorfeld des Augusthochwassers 2002 eine Starkniederschlagsperiode, in deren Folge in zwei Kreisen erhöhte Keimzahlen im Trinkwasser festgestellt wurden. In einem dieser Kreise folgten den erhöhten Keimzahlen (*E. coli*/coliforme Bakterien), gegenüber denen etwa 600 Einwohner zwischen den Kalenderwochen 18 und 37 exponiert waren, Verwendungseinschränkungen (Abkochgebote), da eine Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration keinen Effekt hatte. Ein Zusammenhang zwischen den hohen mikrobiologischen Belastungen und einem gehäuften Auftreten von Harnwegsinfektionen bei älteren Frauen wurde vermutet. Dies führte von Seiten des Gesundheitsamtes zur Umstrukturierung der Wasserversorgung (Anschluss an die Fernwasserversorgung).
- Während des Hochwassers traten in einem Kreis hohe Grenzwertüberschreitungen auf, weil die Hauptwasserleitung durch ein Überflutungsgebiet führt. „Normale“ Hochwasser hatten bisher keine Auswirkungen auf diese Leitung, aber das Augusthochwasser 2002 nahm so starke Ausmaße an, dass die Leitung nicht standhielt, wodurch Flutwasser in das Leitungsnetz eindringen und zur Kontamination führen konnte.
- Aus einem Kreis wurde über die Durchführung von Untersuchungen des Trinkwassers auf Viren durch eine Universität eines anderen Bundeslandes berichtet, die aufgrund finanzieller Unstimmigkeiten nicht fortgeführt wurden; und aus einem anderen Gesundheitsamt wurde geäußert, dass während des Hochwassers nicht gezielt nach Krankheitshäufungen gesucht wurde, weil dies zu kostenintensiv gewesen wäre.
- Eher weniger Fallmeldungen als zu dieser Jahreszeit üblich wurden in einem anderen Kreis vermutet.
- In einigen Kreisen wurden Hepatitis-Impfungen durchgeführt: In einem Kreis z.B., weil es Durchbrüche im Leitungsnetz gegeben hat, und in einem anderen Kreis wurden direkt Betroffene, Feuerwehr und THW gegen Hepatitis A geimpft. Für Fluthelfer wurden auch Impfungen gegen Tetanus, Diphtherie und Poliomyelitis angeboten (vgl. auch Bigl et al. 2003).
- In einem Kreis führten Grenzwertüberschreitungen zu Problemen mit der Nutzung des Trinkwassers in einem Krankenhaus. Auswirkungen gab es vor allem auf der Kinderstation sowie bei der Versorgung von Brandverletzten. Hier musste das Wasser abgekocht werden. Ein Krankenhaus in einem anderen Kreis musste mit „Notwasser“ versorgt werden.

<p>Einzel- und Eigenversorgungsanlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> – Das Hochwasser betraf auch private Hausbrunnen, die als nicht genehmigte Anlagen zu Trinkwasserzwecken genutzt wurden (vgl. auch LUA Sachsen 2003). Die Identifizierung der „illegal“ genutzten Anlagen gestaltete sich schwierig, weil sich die Nutzer nicht offiziell an das Gesundheitsamt wenden konnten. Dann wurden jedoch kostenlose Wasseruntersuchungen auf bakteriologische Verunreinigungen gestattet. – Einige der Einzel- und Eigenversorgungsanlagen wurden nach dem Hochwasser stillgelegt und die Nutzer an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen. Gülleeinbrüche und Heizöl aus ausgelaufenen Öltanks stellten ein großes Problem dar. Eine Brauerei hatte z.B. große Schwierigkeiten mit der Wasserqualität ihrer Eigenversorgungsanlage und erlitt dadurch Produktionsausfälle.
<p>Umstrukturierung der Wasserversorgung</p> <ul style="list-style-type: none"> – In einem Kreis gab es vor dem Hochwasser noch eine etwa 80 Jahre alte Wasserfassungsanlage. Tiefbrunnen und Behälter dieser Anlage wurden vom Hochwasser überflutet und mussten vom Versorgungsnetz getrennt werden. Die Bewohner wurden an die Fernwasserversorgung angeschlossen. – In einem Kreis gab es bereits 1994 ein so ausgeprägtes Hochwasser, dass dieses zu Ausfällen der Wasserversorgung für etwa 20.000 Einwohner führte. Nach diesem Ereignis wurden Hochwasserschutzmaßnahmen umgesetzt, so dass seitdem kein Hochwasser mehr Auswirkungen auf die Wasserversorgung hatte.

5.1.2 Ratios bakteriologischer Trinkwasserbeanstandungen

Die Belastung des Trinkwassers mit potentiellen Krankheitserregern wurde durch den Indikator „Ratio bakteriologischer Beanstandungen“ messbar gemacht. Datengrundlage zur Berechnung dieses Indikators waren die Angaben der LUA Sachsen zu gemessenen bakteriologischen Beanstandungen des Trinkwassers in 13 Kreisen, die als „vom Sommerhochwasser 2002 betroffene Kreise Sachsens“⁴⁰ deklariert wurden, aber nicht identisch mit den 13 Kreisen waren, die im Rahmen der Gesundheitsämterbefragung als hochwasserbetroffen eingestuft wurden.⁴¹ Die von den Gesundheitsämtern erhobenen Beanstandungen bezogen sich auf die Kalenderwochen 33 bis 44 der Jahre 2001 bis 2005, und die Angaben umfassten die Beanstandungen der Parameter coliforme Bakterien, *E. coli* und Keimzahlen bei 20°C und bei 37°C. Die Daten stammten aus der sächsischen Trinkwasser-Datenbank (Kirsch 2002, Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt 2008). Vom Landesamt für Verbraucherschutz Sachsen-Anhalt waren dagegen keine Angaben zu bakteriologischen Beanstandungen auf Kreisebene verfügbar⁴².

⁴⁰ Landkreise Aue-Schwarzenberg, Delitzsch, Döbeln, Freiberg, Meißen, Mittweida, Muldentalkreis, Riesa-Großenhain, Sächsische Schweiz, Weißeritzkreis, Zwickauer Land und Stadtkreise Dresden und Zwickau.

⁴¹ Die Landkreise Delitzsch, Döbeln, Freiberg, Meißen, Muldentalkreis, Riesa-Großenhain, Sächsische Schweiz, Weißeritzkreis, Zwickauer Land und der Stadtkreis Dresden sind in beiden Listen enthalten. Mit der Gesundheitsämterbefragung wurden zusätzlich der Landkreis Leipziger Land und die Stadtkreise Chemnitz und Leipzig als Kreise mit hochwasserbetroffener Wasserversorgung identifiziert, während die LUA Sachsen die Landkreise Aue-Schwarzenberg und Mittweida und den Stadtkreis Zwickau zu den hochwasserbetroffenen Kreisen zählten.

⁴² Mitteilung aus dem Landesamt für Verbraucherschutz Sachsen-Anhalt am 23.07.2007. Auf eine erneute Anfrage in den einzelnen Kreisen zur Übermittlung der Ergebnisse der bakteriologischen Befunde für den Untersuchungszeitraum wurde verzichtet, da während der ersten Befragung in den Gesundheitsämtern zum

Die Angaben zu bakteriologischen Beanstandungen in den Kreisen Sachsens beinhalteten die Anzahl entnommener und beanstandeter Trinkwasserproben der Parameter coliforme Bakterien, *E. coli* sowie Keimzahlen bei 20°C und bei 37°C. In allen Kreisen bis auf die beiden Landkreise Aue-Schwarzenberg und Freiberg sowie in der kreisfreien Stadt Dresden wurden während des Untersuchungszeitraums im Jahr 2002 mehr Proben gezogen als in den Referenzjahren. Angaben, wo und wie häufig an welcher Messstelle diese Beprobungen durchgeführt wurden waren jedoch ebenso wenig enthalten wie Angaben über die Höhe der Grenzwertüberschreitungen. Eine Zusammenstellung dieser Informationen wäre zu aufwendig gewesen⁴³.

Aus der Probenanzahl der Kalenderwochen 33 bis 44 des Jahres 2002 und der Referenzjahre wurden zunächst die Beanstandungsquoten und daraus die Beanstandungs-Ratios berechnet (siehe Kapitel 4.2.2, vgl. Tabelle 25). Wurde in den Referenzjahren keine der entnommenen Proben beanstandet, konnten nur Quoten für das Jahr 2002 und somit keine Ratios berechnet werden (siehe Tabelle 25).

Tabelle 25: Ratios bakteriologischer Beanstandungen: Verhältnis zwischen der Quote an Beanstandungen im Jahr 2002 (Kalenderwochen 33-44) und der Quote in den Referenzjahren

Quelle: Angaben der LUA Sachsen 2007; eigene Darstellung 2009.

Kreis	Coliforme Bakterien	<i>E. coli</i>	Keimzahl 20°C	Keimzahl 37°C
LK Aue-Schwarzenberg	1,17	1,46	1,13	0,38
LK Delitzsch	1,76	3,31*	0,26	0,38
LK Döbeln	1,05	3,16*	0,97	0,70
LK Freiberg	1,20	2,32*	1,29	0,68
LK Meißen-Radebeul	1,55	3,52*	9,07*	2,84*
LK Mittweida	1,39	1,87	1,43	3,59*
LK Muldentalkreis	1,48	2,09*	1,45	1,14
LK Riesa-Großenhain	1,62	3,52*	1,41	3,89*
LK Sächsische Schweiz	1,60	2,11*	0,68	1,39
LK Weißeritzkreis	1,49	2,03*	1,73	1,71
LK Zwickauer Land	1,82	2,77*	0,77	0,77
SK Dresden	1,13	1,43	1,05	1,83
SK Zwickau	0,43	0,00		

* = Ratios > 2

Die Beanstandungs-Ratios wurden für jeden Kreis, für den von der LUA Sachsen Daten zur Verfügung gestellt wurden, in einem Diagramm dargestellt. In jedem Diagramm befinden sich auf der linken Seite die Ratios zwischen der Beanstandungsquote im Jahr 2002 und der Quote

Ausdruck kam, dass aufgrund des Personalmangels in der Kommunalverwaltung die Bearbeitung externer Anfragen die für die Bearbeitung primärer Aufgaben benötigte Arbeitskapazität bindet.

⁴³ Mitteilung aus der LUA Sachsen am 26.04.2007.

in allen Referenzjahren. Rechts stehen die Ratios, die das Quotenverhältnis zwischen dem Jahr 2002 und den einzelnen Referenzjahren (2001, 2003, 2004 und 2005) aufzeigen. Ausgewählte Diagramme sind in Abbildung 6 bis Abbildung 10 dargestellt.

Abbildung 6 bis Abbildung 10 geben für alle Kreise – bis auf die kreisfreie Stadt Zwickau (vgl. Abbildung 6) – im Referenzzeitraum im Jahr 2002 für mindestens zwei bakteriologische Parameter höhere Beanstandungsquoten wieder als in den Referenzjahren. In einigen Kreisen, wie z.B. im Landkreis Delitzsch, bestanden große Unterschiede zwischen den Parametern *E. coli*, coliforme Bakterien und den Keimzahlbestimmungen bei 20°C bzw. 37°C (siehe z.B. Abbildung 8).

Durch das Einfügen der Ratios für die einzelnen Referenzjahre wurde sichtbar, ob es große Unterschiede zwischen diesen und dem Ratio für die gesamte Zeit gab. Hierdurch waren Schwankungen der Beanstandungsquoten in den einzelnen Jahren zu erkennen. Auffällig ist dies z.B. bei den Ratios der Parameter coliforme Bakterien in den Landkreisen Döbeln und Freiberg sowie für die Keimzahlen bei 20°C und 37°C im Landkreis Muldentalkreis (vgl. Abbildung 8 bis Abbildung 10).

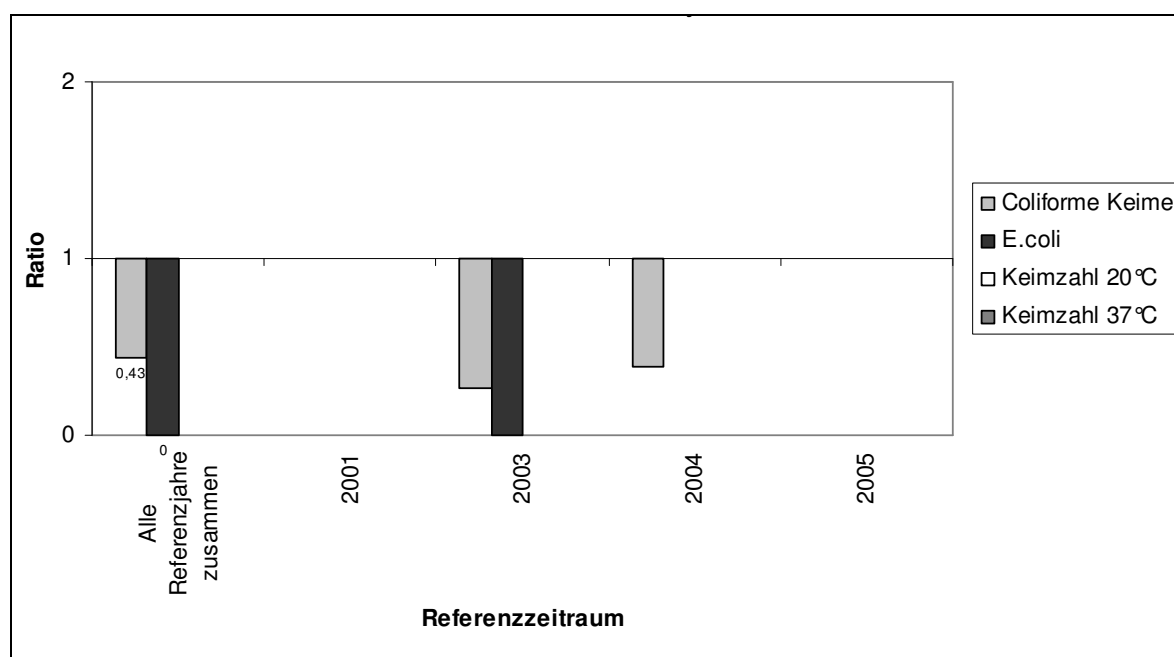


Abbildung 6: Ratios bakteriologischer Beanstandungen des Trinkwassers in der kreisfreien Stadt Zwickau

Datenquelle: LUA Sachsen 2007, eigene Darstellung 2009.

Zeitraum: Kalenderwochen 33-44 des Jahres 2002 versus Referenzzeiträume

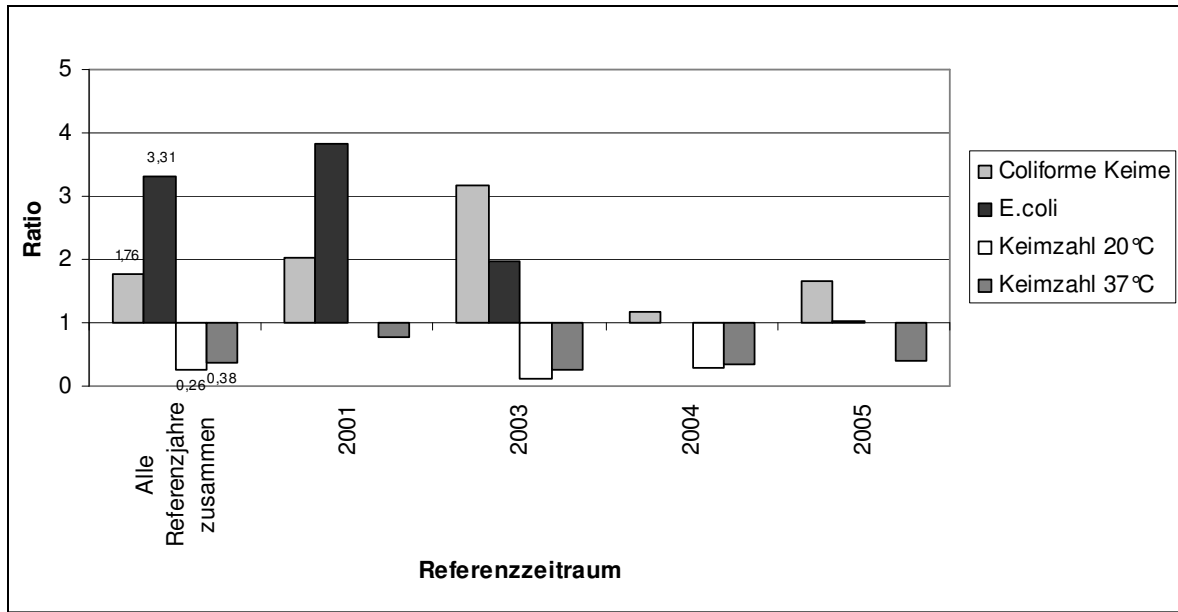


Abbildung 7: Ratios bakteriologischer Beanstandungen des Trinkwassers im Landkreis Delitzsch

Datenquelle: LUA Sachsen 2007, eigene Darstellung 2009.

Zeitraum: Kalenderwochen 33-44 des Jahres 2002 versus Referenzzeiträume

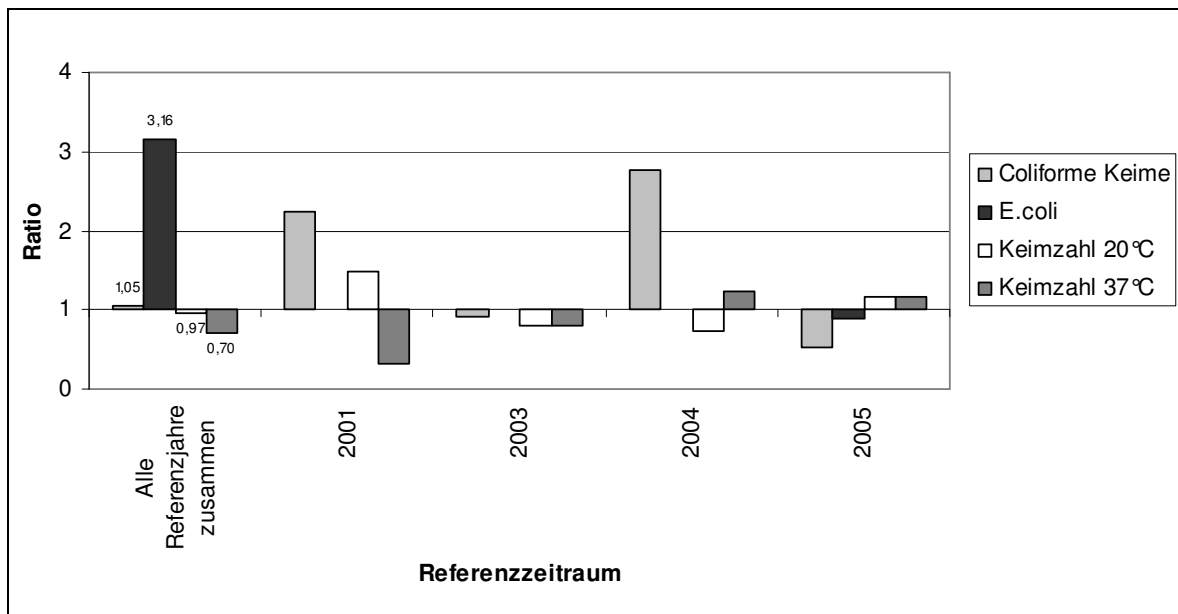


Abbildung 8: Ratios bakteriologischer Beanstandungen des Trinkwassers im Landkreis Döbeln

Datenquelle: LUA Sachsen 2007, eigene Darstellung 2009.

Zeitraum: Kalenderwochen 33-44 des Jahres 2002 versus Referenzzeiträume

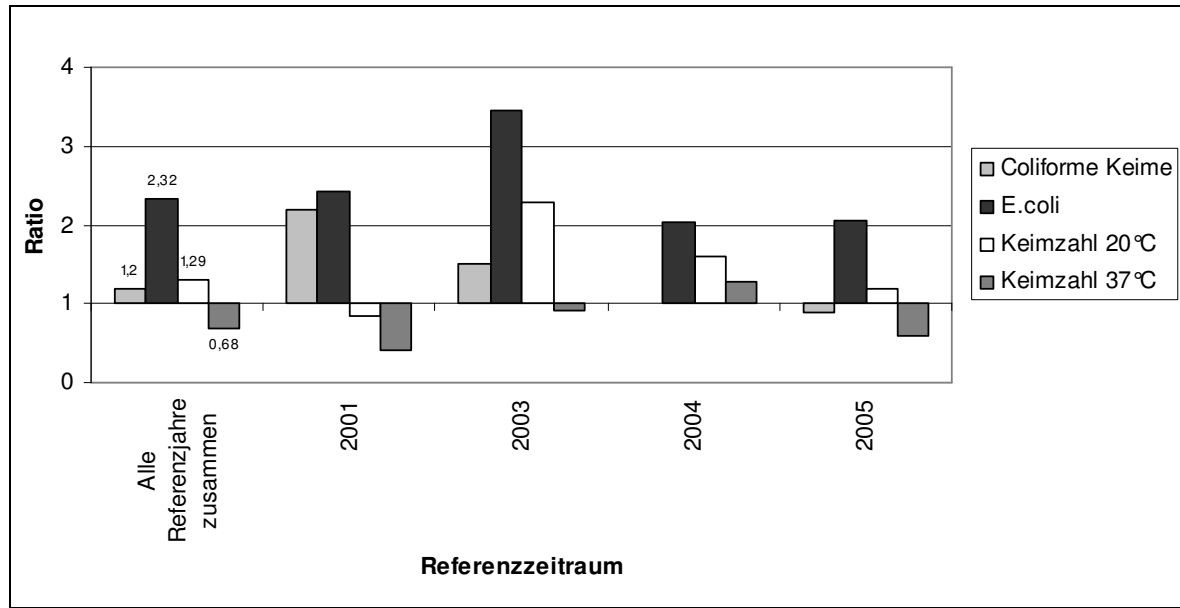


Abbildung 9: Ratios bakteriologischer Beanstandungen des Trinkwassers im Landkreis Freiberg

Datenquelle: LUA Sachsen 2007, eigene Darstellung 2009.

Zeitraum: Kalenderwochen 33-44 des Jahres 2002 versus Referenzzeiträume

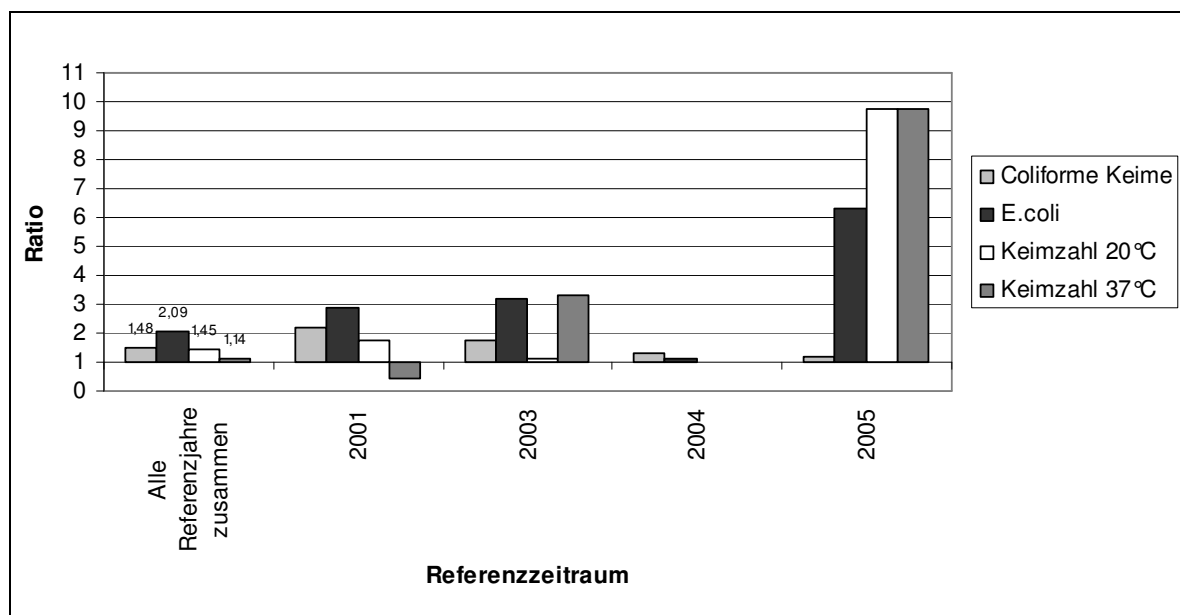


Abbildung 10: Ratios bakteriologischer Beanstandungen des Trinkwassers im Landkreis Muldentalkreis

Datenquelle: LUA Sachsen 2007, eigene Darstellung 2009.

Zeitraum: Kalenderwochen 33-44 des Jahres 2002 versus Referenzzeiträume

Die Beanstandungsquoten im Jahr 2002 wiesen in allen Kreisen – bis auf die kreisfreie Stadt Zwickau (Abbildung 6) – große Unterschiede gegenüber den Quoten in den Referenzjahren auf. Die Ratios zeigten in vielen Kreisen und vor allem für den Parameter *E. coli* an, dass es im Jahr 2002 mehr Trinkwasserproben gab, die zu beanstanden waren, als in den Referenzjah-

ren. Die Art der Belastung ist wiedergegeben durch die einzelnen Parameter, die auf fäkale Kontaminationen oder Kontaminationen anderen Ursprungs hinweisen.

Wie in Kapitel 4.3.1 beschrieben, wurde zur besseren Einschätzung der Aussagekraft der Ratios bakteriologischer Beanstandungen als Grenzwert ein Ratio größer als 2 festgelegt, der von mindestens einem der Parameter *E. coli* oder der Koloniezahl bei 37°C überschritten werden sollte. Dieses Kriterium wurde von den in Tabelle 25 dargestellten Kreisen für die jeweiligen mit Sternchen (*) markierten Parameter erfüllt. Der festgelegte Grenzwert wurde in insgesamt zehn der 13 Kreise, das heißt in 77% der Kreise, überschritten, für die Angaben zu bakteriologischen Beanstandungen vorlagen (Tabelle 25). Im Landkreis Aue-Schwarzenberg und in den Stadtkreisen Dresden und Zwickau lagen dagegen alle Ratios bakteriologischer Beanstandungen unterhalb des Grenzwertes von 2. Im Stadtkreis Zwickau lagen die Ratios auch unter dem Wert 1, der anzeigt, dass hier im Jahr 2002 prozentual weniger Beanstandungen zu verzeichnen waren als in den Jahren 2001 und 2003 bis 2005.

Tabelle 25 zeigt auch, dass im Vergleich zu den Referenzjahren im Jahr 2002 in neun dieser zehn Kreise, und damit in 90%, eine verhältnismäßig hohe Anzahl an Überschreitungen des Parameters *E. coli* vorlag. Die Anzahl an Überschreitungen der Keimzahl bei 37°C war dagegen in nur drei der zehn Kreise übermäßig hoch (30%) und die der Keimzahl bei 20°C nur einmal (10%). Dieses Ergebnis kann als Hinweis darauf gewertet werden, dass sich – vermutlich – hochwasserbedingte Kontaminationen der Rohwasserressource mit Fäkaleinträgen vor allem in einer erhöhten Anzahl an Beanstandungen des Trinkwassers durch den Parameter *E. coli* widerspiegelten.

5.1.3 Einteilung der Kreise nach der Hochwasserbetroffenheit der Wasserversorgung

Mithilfe der Fragebogenergebnisse sowie weiteren Hinweisen aus der Literatur wurden Kriterien zur Klassifizierung der Kreise Sachsens und Sachsen-Anhalts entwickelt. Die Auswahl dieser Kreise erfolgte anhand der in Kapitel 4.3.2 genannten Kriterien zur Objektivität, Reproduzierbarkeit und Validität. Die Objektivität wurde durch die Wahl des Studiendesigns sichergestellt. Die Mitarbeiter in den Gesundheitsämtern wurden zwar zum Teil telefonisch und damit persönlich befragt, aber der Fragebogen enthielt Leitfragen zu Fakten während des Hochwasserereignisses, so dass auch jeder andere Interviewer mit einer hohen Wahrscheinlichkeit dasselbe Ergebnis erzielt hätte. Zudem wurden amtlich erfasste Anzahlen bakteriolo-

gischer Beanstandungen herangezogen sowie Informationen aus der Literatur, das heißt Informationen, die von jeder anderen Person auch zu ermitteln sind.

Die Reproduzierbarkeit bzw. Reliabilität der Kriterien wurde dadurch gewährleistet, dass ihre Entwicklung und die Einordnung der Kreise in Klassen aufgrund dieser Kriterien wiederholbar sind. Zur Erhöhung der Validität wurden die Kriterien einerseits so ausgewählt, dass mit ihnen extreme Fälle bzw. Klassen der Hochwasserexposition der öffentlichen Wasserversorgung charakterisiert werden konnten (nur Auswahl „stark betroffener Kreise“ und „nicht betroffener Kreise“). Andererseits wurden Kriterien so kombiniert, dass eine Aussage über die „wahre“ Betroffenheit möglich war (Befragungsergebnisse, Katastrophalarm und Literaturhinweise). Für Kreise, die von der LUA Sachsen als vom Hochwasser betroffene Kreise bezeichnet wurden, konnten zusätzlich Ratios bakteriologischer Beanstandungen des Trinkwassers zur Klasseneinteilung verwendet werden.

In die eine der beiden extremen Klassen sollten Kreise eingeteilt werden, in denen die Wasserversorgung stark durch das Auguthochwasser 2002 beeinträchtigt war, im folgenden als Hochwasserkreise „[H]“ bezeichnet, und in die andere Klasse Kreise, in denen es kein Hochwasser und somit auch keine Wasserversorgungsprobleme gab, die so genannten Referenzkreise „[R]“. Eine dritte Klasse wurde gebildet für die Kreise Sachsens und Sachsen-Anhalts, die nicht eindeutig in die anderen beiden Klassen eingeteilt werden konnten. Die Kriterien, die in Abbildung 11 dargestellt sind, bildeten die Grundlage für die Einordnung der Kreise in die entsprechenden drei Klassen „Starke Betroffenheit“ (Klasse 1) und „Keine Betroffenheit“ (Klasse 3) sowie „Mäßige Betroffenheit“ (Klasse 2) für die übrig bleibenden Kreise.

Die Kriterien der **Klasse 1** spiegeln eine starke Betroffenheit der Kreise wider. Das heißt, dass es mit der Wasserversorgung vielfältige Probleme durch das Hochwasser selbst oder durch Stromausfälle bzw. Stromabschaltungen gab. Hierzu zählen Einschränkungen der Versorgung, Ausfälle der Versorgung sowie Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität. Ein gegenüber den Referenzjahren mindestens doppelt so hohes Ratio bakteriologischer Beanstandungen im Jahr 2002 ergänzt für die Kreise Sachsens das Kriterium der beeinträchtigten Trinkwasserqualität. Hierdurch wurde die Validität der Fragebogenergebnisse und der Beanstandungs-Ratios erhöht, da Aussagen aus den Gesundheitsämtern häufig pauschal waren und keine Informationen über Messstellen und Messwerte der bakteriologischen Beanstandungen vorlagen (vgl. Kapitel 4; Schnell et al. 2005).

Die Wasserversorgung wurde in der Regel mit Ersatzversorgungsmaßnahmen wie z.B. über Wasserwagen oder die Verteilung von Flaschenwasser sichergestellt, und bei bakteriologi-

schen Beanstandungen erfolgten Abkochgebote und Erhöhungen der Desinfektionsmittelkonzentration (vgl. Kapitel 5.1.1). Ein Risiko für das Auftreten von Infektionskrankheiten könnte in dieser Klasse erhöht gewesen sein aufgrund unzureichender Hygienemaßnahmen (z.B. durch eine nicht stetige Verfügbarkeit von Leitungswasser zum gründlichen Händewaschen nach Aufräumarbeiten, vgl. Kapitel 2.3) sowie durch hochwasserbedingte Kontaminationen im Trinkwasser (wenn z.B. Kontaminationen erst mit einer Zeitverzögerung erkannt oder Abkochgebote nicht befolgt wurden oder wenn eine Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration zwar Bakterien abtötete, aber gegenüber bestimmten Viren oder Parasiten unwirksam war; vgl. Kapitel 2.3).

Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Kreis stark betroffen	Kreis mäßig betroffen	Kreis nicht betroffen
Öffentliche Wasserversorgung vom Hochwasser betroffen	Öffentliche Wasserversorgung vom Hochwasser betroffen	Öffentliche Wasserversorgung nicht vom Hochwasser betroffen
UND Einschränkungen der öffentlichen Wasserversorgung	ODER Hinweis, dass Eigenversorgungsanlagen vom Hochwasser betroffen	UND kein Hinweis, dass Eigenversorgungsanlagen betroffen
UND Ausfall der öffentlichen Wasserversorgung	ODER Hinweise auf Hochwasserbetroffenheit des Kreises in der Literatur	UND kein Hinweis auf Hochwasserbetroffenheit des Kreises in der Literatur
UND Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität	ODER Katastrophenalarm ausgelöst	UND kein Katastrophenalarm ausgelöst
UND mindestens ein Ratio bakteriologischer Beanstandungen > 2*	ODER Ratio bakteriologischer Beanstandungen > 2*	UND kein Ratio bakteriologischer Beanstandungen > 2*
	ABER: Weder alle Kriterien der Klassen 1 und 3 erfüllt	

Abbildung 11: Kriterien zur Klassifizierung der Kreise

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

*gilt nur für die Kreise Sachsens

Die **Klasse 3** enthält Kriterien, die darauf hinweisen, dass die öffentliche Wasserversorgung nicht vom Hochwasser betroffen war und auch keine sonstigen Hinweise auf eine Hochwasserbetroffenheit schließen ließen. Aus den Kreisen, die die Kriterien der Klasse 3 erfüllten, wurden die Referenzkreise ausgewählt, um eine Vorstellung von einem Infektionsgeschehen ohne Hochwassereinfluss zu erhalten. Es wurde angenommen, dass Kreise der Klasse 1 aufgrund ihrer räumlichen Lage ein ähnliches Krankheitsgeschehen aufgewiesen hätten wie Kreise der Gruppe 3, wenn die Wasserversorgung nicht vom Hochwasser betroffen gewesen wäre.

Um für die statistische Datenanalyse ein Gegengewicht zwischen den Kreisen, deren Wasserversorgung stark vom Hochwasser betroffen war und denen, die nicht vom Hochwasser betroffen waren, zu erhalten, wurde die Bedingung aufgestellt, dass alle Kriterien der Klassen 1 und 3 erfüllt sein müssen, um Kreise in eine dieser beiden Klassen einzuordnen („Auswahl extremer Fälle“, vgl. S. 122, Schnell et al. 2005). **Klasse 2** beinhaltet dagegen alle Kreise, die weder die Kriterien der Klassen 1 noch 3 erfüllten. Anhand der Kriterien wurde ein Entscheidungsbaum konzipiert, mit dem die Kreise Sachsens und Sachsen-Anhalts bezüglich ihres Betroffenheitsgrades der Wasserversorgung beurteilt und klassifiziert werden konnten (siehe Abbildung 12, Karte 2 und Tabelle 26).

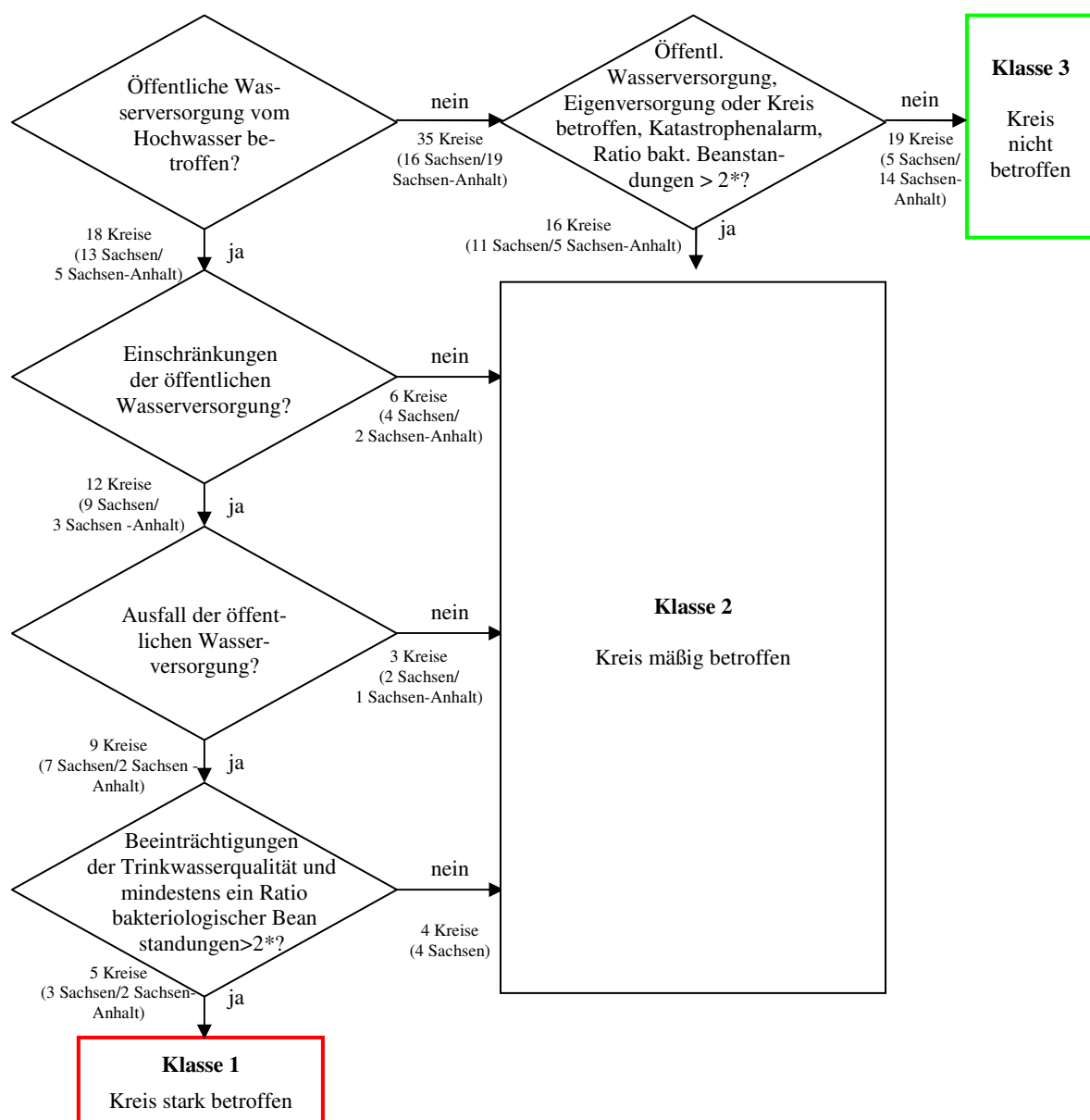
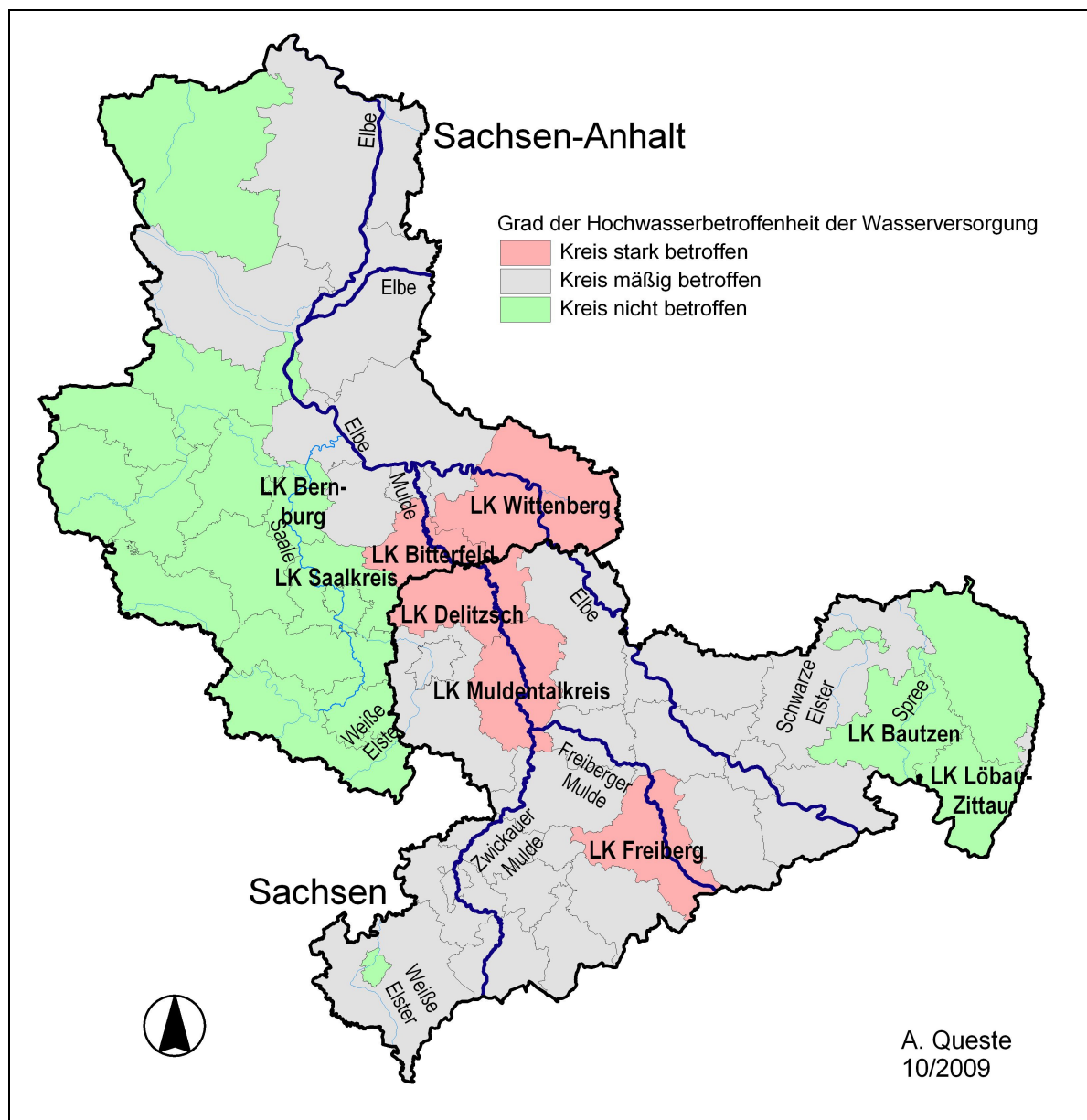


Abbildung 12: Entscheidungsbaum zur Klassifizierung der Kreise

Quelle: Eigene Darstellung 2009.
*gilt nur für die Kreise Sachsens

Nach der Einteilung der Kreise in ihre jeweiligen Klassen ergibt sich das in Tabelle 26 und Tabelle 27 sowie in Karte 2 dargestellte Bild. In Klasse 1 sind fünf Kreise enthalten, von denen drei in Sachsen liegen und zwei in Sachsen-Anhalt (Tabelle 26). In diesen fünf Kreisen war die Wasserversorgung vom Hochwasser betroffen, und es gab sowohl Versorgungseinschränkungen, als auch Ausfälle der Versorgung. Zudem lagen bakteriologische Auffälligkeiten vor. Das Ratio bakteriologischer Beanstandungen, das nur für die Kreise Sachsens berechnet werden konnte, überschritt für den Parameter *E. coli* in den drei sächsischen Kreisen den gewählten Grenzwert. Für diese fünf Hochwasserkreise (siehe auch Bericht 6) wurde das Infektionsgeschehen potentiell wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Erkrankungen analysiert.



Karte 2: Grad der Hochwasserbetroffenheit der Wasserversorgung in Sachsen und Sachsen-Anhalt

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Tabelle 26: Kreise der Klasse 1 mit stark hochwasserbetroffener Wasserversorgung

Quelle: Angaben der Gesundheitsämter Sachsens und Sachsen-Anhalts und Angaben der LUA Sachsen

Kreis	Einschränkungen der Wasserversorgung	Ausfall der Wasserversorgung	Trinkwasserqualität beeinträchtigt	Ratios bakteriologischer Beanstandungen > 2
LK Delitzsch	X	X	X	X
LK Freiberg	X	X	X	X
LK Muldentalkreis	X	X	X	X
LK Bitterfeld	X	X	X	k. A.
LK Wittenberg	X	X	X	k. A.

k. A. = keine Angabe

Bericht 6: Charakteristika der Hochwasserkreise⁴⁴

Die fünf Hochwasserkreise Delitzsch, Freiberg, Muldentalkreis, Bitterfeld und Wittenberg wiesen im Jahr 2002 Bevölkerungsgrößen zwischen 105.888 und 150.622 Einwohnern auf. Sie waren unterschiedlich von den beiden Hochwasserwellen betroffen. Schäden im Landkreis Freiberg^[H] wurden hauptsächlich während der ersten Hochwasserwelle durch reißerisches Wasser in Form von Sturzfluten der Flöha, Zschopau und Mulde bzw. ihrer Oberläufe verursacht. Dagegen erreichte im Zuge der zweiten Hochwasserwelle insbesondere das Muldehochwasser zunächst den Muldentalkreis^[H], bevor es die Landkreise Delitzsch^[H] und Bitterfeld^[H] erfasste. Im Rahmen der zweiten Hochwasserwelle wurde auch der Landkreis Wittenberg^[H] Opfer des Elbehochwassers (vgl. Kapitel 2.7, siehe auch Karte 2).

In Tabelle 27 sind dagegen 29 Kreise dargestellt, die heterogene Eigenschaften bezüglich ihrer Hochwasserbetroffenheit aufwiesen. In 13 dieser 29 Kreise war die öffentliche Wasserversorgung vom Hochwasser betroffen und in 16 deuteten andere Charakteristika auf eine Hochwasserbetroffenheit des Kreises hin. Aufgrund der Heterogenität innerhalb dieser Gruppe an Kreisen wurden für Kreise der Klasse 2 keine statistischen Analysen der wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Infektionskrankheiten durchgeführt.

⁴⁴ Einwohnerzahlen in den Landkreisen Bitterfeld: 105.888 Einwohner, Delitzsch: 126.521 Einwohner, Freiberg: 150.622 Einwohner, Muldentalkreis: 134.886 Einwohner und Wittenberg: 128.826 Einwohner (Datenstand am 31.12.2002; Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2008).

Tabelle 27: Kreise der Klasse 2 mit mäßig hochwasserbetroffener Wasserversorgung

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Kreis	Betroffenheit der öffentlichen Wasserversorgung ^b	Betroffenheit der Eigenversorgung ^b	Betroffenheit des Kreises ^c	Katastrophenalarm	Versorgungseinschränkungen ^b	Versorgungsausfälle ^b	Beeinträchtigung der Wasserqualität ^b	Beanstandungs-Ratio > 2 ^e
LK Annaberg			X	X				k. A.
LK Aue-Schwarzenberg			X	X				Nein
LK Chemnitzer Land			X	X				k. A.
LK Döbeln	X	X	X	X	X	X		Ja
LK Kamenz			X					k. A.
LK Leipziger Land	X		X			X	X	k. A.
LK Meißen	X	X	X	X	X	X		Ja
LK Mittlerer Erzgebirgskreis		X	X	X				k. A.
LK Mittweida		X	X	X				Ja
LK Riesa-Großenhain	X		X	X	X			Ja
LK Sächsische Schweiz	X	X	X	X	X	X		Ja
LK Stollberg			X	X				k. A.
LK Torgau-Oschatz			X	X				k. A.
LK Vogtlandkreis			X					k. A.
LK Weißeritzkreis	X		X	X	X	X		Ja
LK Zwickauer Land	X		X			X		Ja
SK Chemnitz	X		X		X	X		k. A.
SK Dresden ^a	X		X	X				Nein
SK Görlitz			X	X				k. A.
SK Leipzig	X	-	X				X	k. A.
SK Zwickau			X					Nein
LK Anhalt-Zerbst	X		X	X		X		k. A.
LK Jerichower Land	X		X	X			X	k. A.
LK Köthen			X	X				k. A.
LK Ohre-Kreis	X		X	X			X	k. A.
LK Schönebeck			X	X				k. A.
LK Stendal		X	X	X				k. A.
SK Dessau		X	X	X				k. A.
SK Magdeburg		X	X	X				k. A.

a. Ausfall von 2 von 3 Wasserwerken, kein Ausfall der öffentlichen Wasserversorgung;

b. Angaben der Gesundheitsämter Sachsens und Sachsen-Anhalts

c. <http://www.metapage.de> o. J., Ministerium des Innern des Landes Sachsen-Anhalt o. J., von Kirchbach et al. 2002

d. Freistaat Sachsen 2003, Ministerium des Innern des Landes Sachsen-Anhalt o. J., von Kirchbach et al. 2002

e. Angaben der LUA Sachsen; k. A. = keine Angabe

Für die 19 Kreise

- LK Bautzen
- LK Löbau-Zittau
- LK Niederschlesischer Oberlausitzkreis
- SK Hoyerswerda
- SK Plauen
- LK Altmarkkreis Salzwedel
- LK Aschersleben-Staßfurt
- LK Bernburg
- LK Bördekreis
- LK Burgenlandkreis
- LK Halberstadt
- LK Mansfelder Land
- LK Merseburg-Querfurt
- LK Quedlinburg
- LK Saalkreis
- LK Sangerhausen
- LK Weißenfels
- LK Wernigerode
- SK Halle (Saale)

lagen keine Hinweise auf eine Hochwasserbetroffenheit vor und alle Kriterien der Klasse 3 wurden als erfüllt betrachtet.⁴⁵ Eine Besonderheit stellte ein Landkreis Sachsen-Anhalts dar, der zwar aufgrund erfüllter Kriterien in Klasse 3 einzuordnen war, in dem jedoch im Zuge der in Bericht 5 genannten Starkniederschlagsperiode zwischen Mai und Juli 2002 bakteriologische Auffälligkeiten im Trinkwasser auftraten, die bis September 2002 anhielten und mit denen zudem Erkrankungen in der Bevölkerung assoziiert wurden. Da diese bakteriologischen Auffälligkeiten jedoch nicht dem Auguthochwasser zugerechnet werden können, wurde dieser Kreis in Klasse 3 eingruppiert. Zur Auswahl von Referenzkreisen, also von Kreisen ohne Hochwasserbetroffenheit, wurde dieser eine Kreis jedoch ausgeschlossen.

Aus den verbleibenden 18 Kreisen wurden, den in Kapitel 4.3.2 genannten Bedingungen folgend, insgesamt vier Kreise als Referenzkreise ausgewählt, die räumlich und strukturell mit den Hochwasserkreisen vergleichbar waren. Aus den fünf sächsischen Kreisen ohne Hochwasserbetroffenheit wurden die Landkreise Bautzen^[R] und Löbau-Zittau^[R] ausgewählt, da sie im Gegensatz zu den anderen drei Kreisen direkt an die vom Hochwasser betroffenen Gebiete angrenzen, jedoch nicht im Einzugsgebiet der Elbe, sondern an Spree und Lausitzer Neiße liegen. Es handelt sich hierbei, wie bei den stark vom Hochwasser betroffenen Kreisen, um

⁴⁵ Angaben der Gesundheitsämter (vgl. Kapitel 4.2.1) und der LUA Sachsen (vgl. Kapitel 4.2.2); Freistaat Sachsen 2003, <http://www.metapage.de> o. J., Ministerium des Innern des Landes Sachsen-Anhalt o. J., von Kirchbach et al. 2002.

Land- und nicht um Stadtkreise. Die beiden Landkreise Saalkreis^[R] und Bernburg^[R] in Sachsen-Anhalt, die von der Saale durchquert werden, wurden nach den gleichen Kriterien ausgewählt, so dass sie in räumlicher Nähe zu den sachsen-anhaltinischen Hochwasserkreisen liegen und ebenfalls Landkreise sind (vgl. Karte 2). Für diese vier Referenzkreise, die im Jahr 2002 zwischen 68.805 und 154.708 Einwohner aufwiesen⁴⁶, wurde zum Vergleich mit den Hochwasserkreisen das Infektionsgeschehen in den Hochwasserzeiträumen analysiert.

5.2 Infektionskrankheiten während des Augusthochwassers

Nach der grafischen Darstellung der Rohdaten der potentiell wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Infektionskrankheiten zur ersten Einordnung des Infektionsgeschehens während des Untersuchungszeitraums folgen die Ergebnisse nach Anwendung der verschiedenen Methoden zur Infektionskrankheiten-Surveillance.

5.2.1 Übersicht über gemeldete Fälle

Einen ersten Überblick über die Anzahl der gemeldeten Fälle der ausgewählten potentiell wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Infektionskrankheiten während des Vorflut-, Flut- und Nachflutzeitraums (Kalenderwochen 20 bis 40) im Jahr 2002 sowie in den Referenzjahren 2001 und 2003 bis 2005 gibt Tabelle 28. Es zeigte sich, dass in diesem Zeitraum in den Jahren 2001 bis 2005 insgesamt mehr als 37.600 Infektionserkrankungen in Sachsen und Sachsen-Anhalt gemeldet wurden. Im Jahr 2002 reichten die gemeldeten Fallzahlen von einer bzw. fünf Hepatitis A-Infektionen bis hin zu 2.167 bzw. 1.727 Salmonellosen im Jahr 2002 in Sachsen bzw. Sachsen-Anhalt.

Wird die Gesamtzahl der im Vorflut-, Flut- und Nachflutzeitraum im Jahr 2002 gemeldeten Fälle mit der durchschnittlich in den Referenzjahren gemeldeten Zahl an Fällen verglichen, dann gab es im Jahr 2002 in Sachsen 14% mehr Fälle als im Durchschnitt der Fallzahlen in den Jahren 2001 und 2003 bis 2005, und in Sachsen-Anhalt waren es 50% mehr Fälle (Tabelle 28). In Sachsen-Anhalt waren hierfür vor allem im Jahr 2002 häufiger gemeldete Fälle der Noro- und Rotavirus-Erkrankungen sowie der Salmonellosen und Shigellosen verantwortlich, und in Sachsen traten Rota- und Norovirus-Erkrankungen sowie Yersiniosen im Jahr 2002 häufiger auf als im Durchschnitt der Referenzjahre. Weniger Fälle im Jahr 2002 als

⁴⁶ Einwohnerzahlen in den Landkreisen Bautzen: 154.708 Einwohner, Bernburg: 68.805 Einwohner, Löbau-Zittau: 151.169 Einwohner und Saalkreis: 81.543 Einwohner (Datenstand am 31.12.2002; Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2008).

im Durchschnitt der Referenzjahre waren vor allem bei den Hepatitis A-Erkrankungen zu verzeichnen, und da dieser Unterschied in beiden Bundesländern zu erkennen ist, könnte es sich eventuell um den Effekt hochwasserinduzierter Impfkampagnen handeln.

Tabelle 28: Anzahl gemeldeter Fälle potentiell wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten zwischen den Kalenderwochen 29 und 40 der Jahre 2001 bis 2005 in Sachsen und Sachsen-Anhalt nach Bundesland und Krankheit

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

Krankheiten	Sachsen			Sachsen-Anhalt		
	2002	Arithmetischer Mittelwert der Referenzjahre ^a	Unterschied 2002 gegenüber dem Mittelwert der Referenzjahre in %	2002	Arithmetischer Mittelwert der Referenzjahre	Unterschied 2002 gegenüber dem Mittelwert der Referenzjahre in %
Campylobacteriosen	1582	1510,5	+5	575	531,25	+8
<i>E. coli</i> -Enteritiden	225	235,75	-5	148	130,25	+14
EHEC	19	16,75	+13	12	9	+33
Giardiasen	66	77	-14	40	40,5	-1
Hepatitis A-Erkrankungen	1	9,25	-89	5	12,25	-59
Kryptosporidiosen	51	58,5	-13	24	21,5	+12
Norovirus-Erkrankungen	736	679,75	+8	401	234,75	+71
Rotavirus-Erkrankungen	464	291,25	+59	238	104	+129
Salmonellosen	2167	1804,75	+20	1727	1028,25	+68
Shigellosen	47	42,75	+10	24	11,25	+113
Yersiniosen	234	167,75	+39	155	109,25	+42
Summe	5592	4894	+14	3349	2232,25	+50

a. Referenzjahre: 2001, 2003, 2004 und 2005

Die kleinräumige Verteilung der wöchentlich gemeldeten Fallzahlen der wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Infektionskrankheiten ist für die stark vom Hochwasser betroffenen Kreise der Klasse 1 sowie für die Referenzkreise, die nicht vom Hochwasser betroffen waren und in die Klasse 3 eingruppiert wurden, in gruppierten Säulendiagrammen dargestellt (Abbildung 13 bis Abbildung 25). Wie in Tabelle 28 umfasste auch hier der Zeitraum die Kalenderwochen 29 bis 40 der Jahre 2001 bis 2005, das heißt die Zeitspannen des Vorflut-, Flut- und Nachflutzeitraums.

Campylobacteriosen

Wie in Tabelle 28 gezeigt, gehörten die gemeldeten Fallzahlen der Campylobacteriosen auch während des Untersuchungszeitraums zu den häufig auftretenden Infektionskrankheiten (vgl. auch Kapitel 2.3). Zwischen den Kalenderwochen 29 und 40 schwankten die Fallzahlen in den einzelnen Kreisen im Hochwasserjahr und in den Referenzjahren, abhängig von den Bevölkerungsgrößen, zwischen null und zwölf Fällen pro Woche. Das Maximum von zwölf Fäl-

len wurde in den Landkreisen Löbau-Zittau^(R) und Muldentalkreis^(H) vier Mal erreicht. In den Hochwasserkreisen Bitterfeld und Wittenberg gab es in den Kalenderwochen 34 und 35 bzw. 33 bis 36 im Jahr 2002 leicht höhere Fallzahlen als in den Referenzjahren (Abbildung 13 und Abbildung 14).

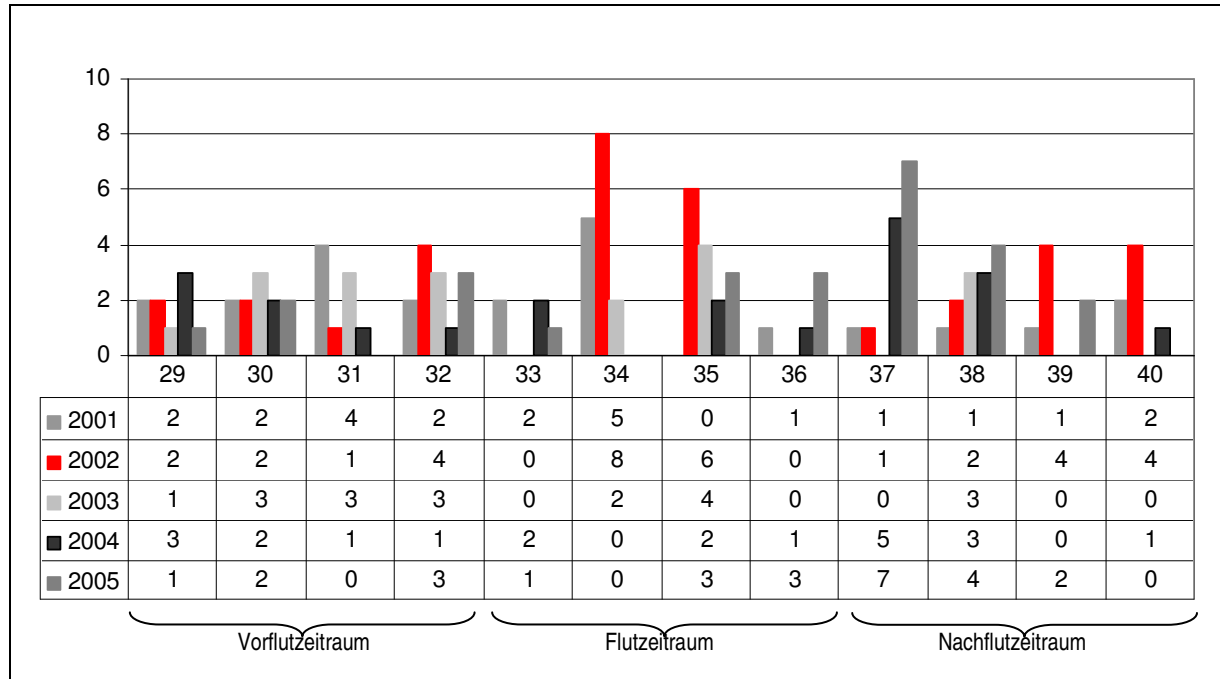


Abbildung 13: Campylobacteriosen pro Kalenderwoche im Landkreis Bitterfeld^[H] nach Jahren

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

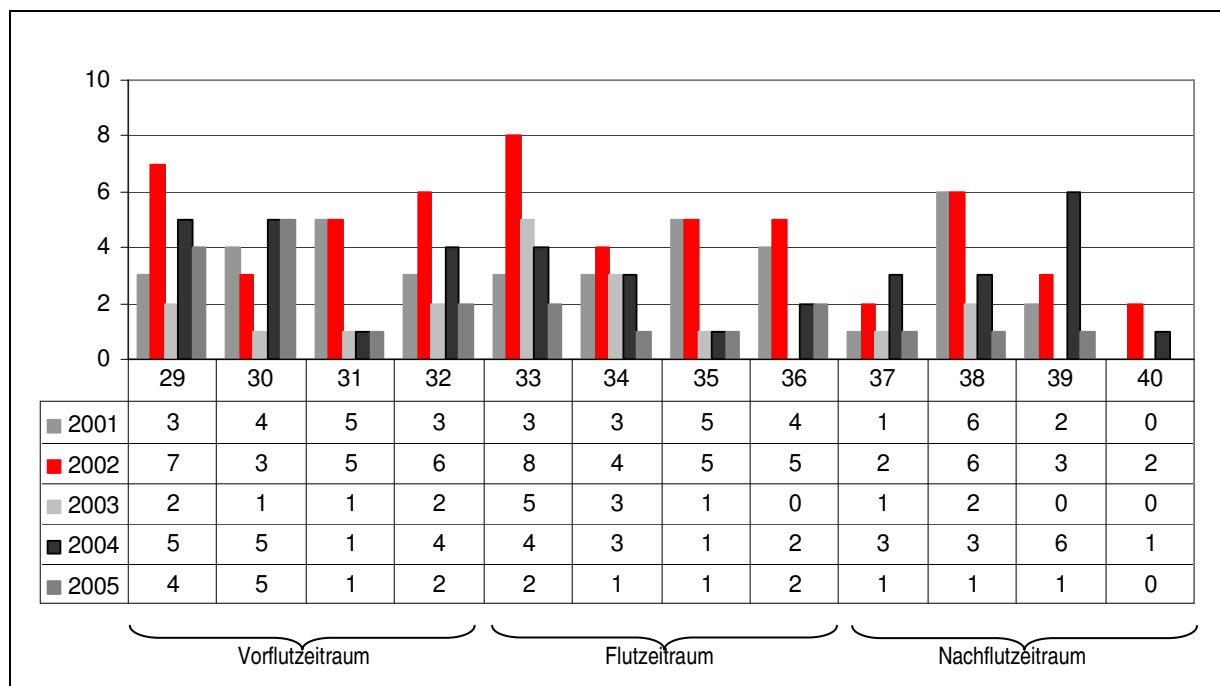


Abbildung 14: Campylobacteriosen pro Kalenderwoche im Landkreis Wittenberg^[H] nach Jahren

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

E. coli-Enteritiden

E. coli-Enteritiden werden im Gegensatz zu den Campylobacteriosen selten gemeldet, obwohl sie nicht selten auftreten (vgl. Kapitel 1 und Kapitel 2.3, Tabelle 8). Während des Hochwasserereignisses lag das Maximum im Landkreis Delitzsch^(H) bei vier Fällen in Kalenderwoche 39, während hier in den Referenzjahren sowohl in Kalenderwoche 38 als auch 39 keine Fälle verzeichnet wurden (vgl. Abbildung 15).

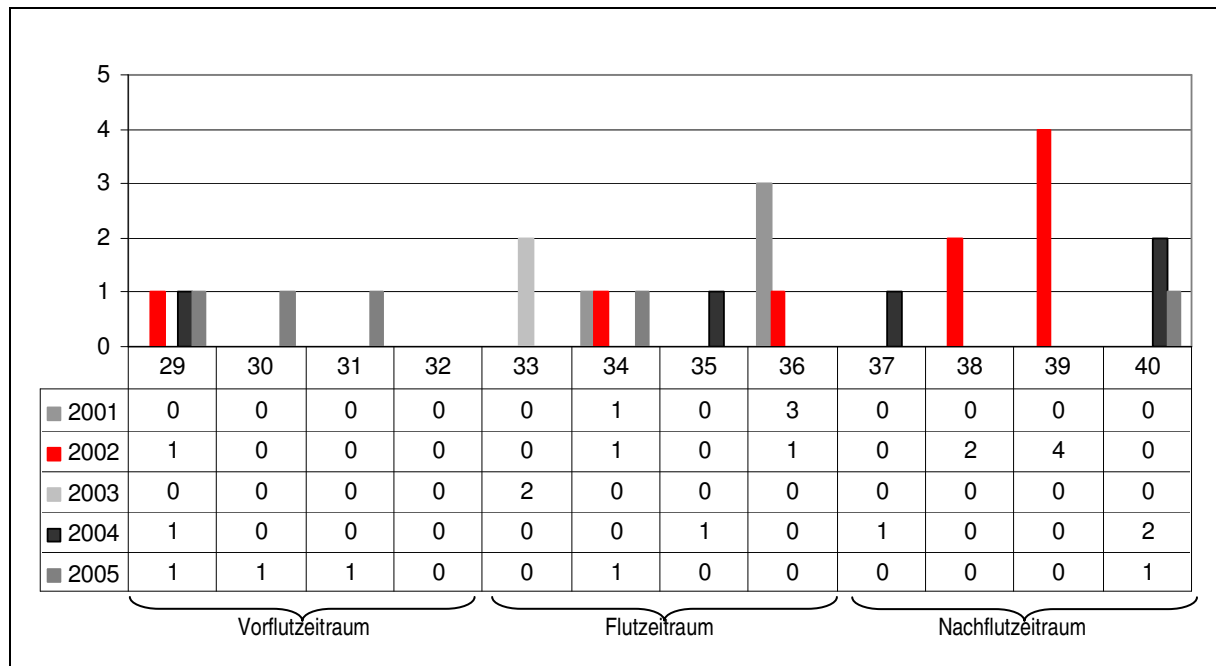


Abbildung 15: *E. coli-Enteritiden* pro Kalenderwoche im Landkreis Delitzsch^(H) nach Jahren

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

Giardiasen und Kryptosporidiosen

Auch die Parasitosen (Giardiasen und Kryptosporidiosen) wurden während des Untersuchungszeitraums nur selten gemeldet (siehe z.B. Abbildung 16 und Abbildung 17). Das Maximum der Giardiasen betrug drei Fälle im Landkreis Wittenberg^(H) in der Kalenderwoche 36 im Jahr 2001 (vgl. Abbildung 16). Auch bei den Kryptosporidiosen lag das Maximum während der Hochwasserzeiträume mit zwei Fällen, die in drei Kreisen erreicht wurden, sehr niedrig (vgl. z.B. Abbildung 17).

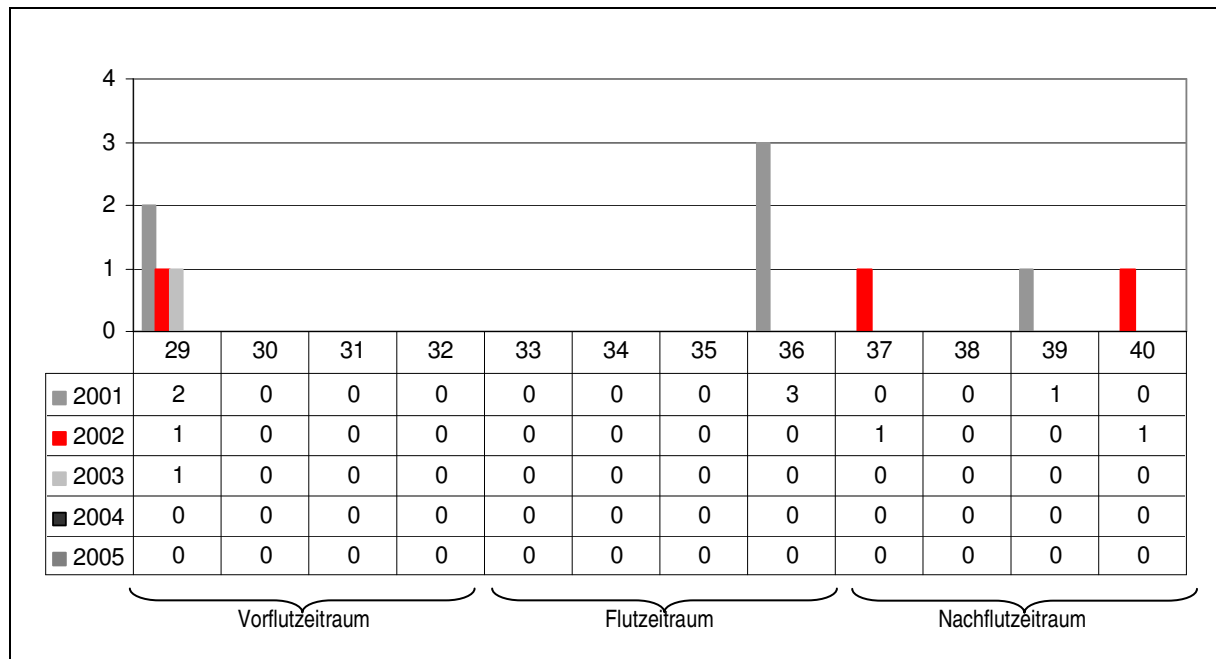


Abbildung 16: Giardiasen pro Kalenderwoche im Landkreis Wittenberg^[H] nach Jahren

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

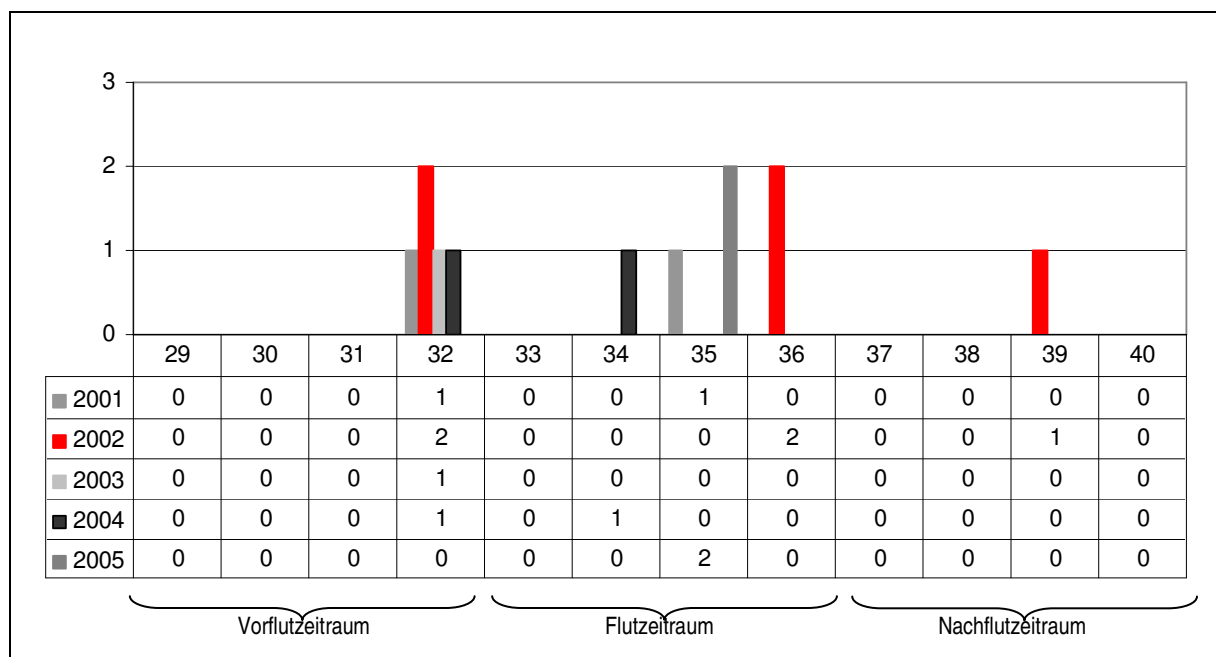


Abbildung 17: Kryptosporidiosen pro Kalenderwoche im Landkreis Delitzsch^[H] nach Jahren

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

Norovirus-Erkrankungen

Norovirus-Erkrankungen gehören zu den häufig auftretenden Infektionskrankheiten, die, wie bereits in Kapitel 2.3.1 beschrieben, die Besonderheit aufweisen, dass Erkrankungen in der Regel nur dann labordiagnostisch untersucht und gemeldet werden, wenn sie in Gruppeneinrichtungen auftreten, wie z.B. in Krankenhäusern, Pflege- und Altenheimen oder in Kinderta-

gesstätten (vgl. z.B. RKI 2005, RKI 2002b). Dieses Phänomen ist auch bei den gemeldeten Fällen im Untersuchungszeitraum erkennbar (vgl. Abbildung 18 und Abbildung 19).

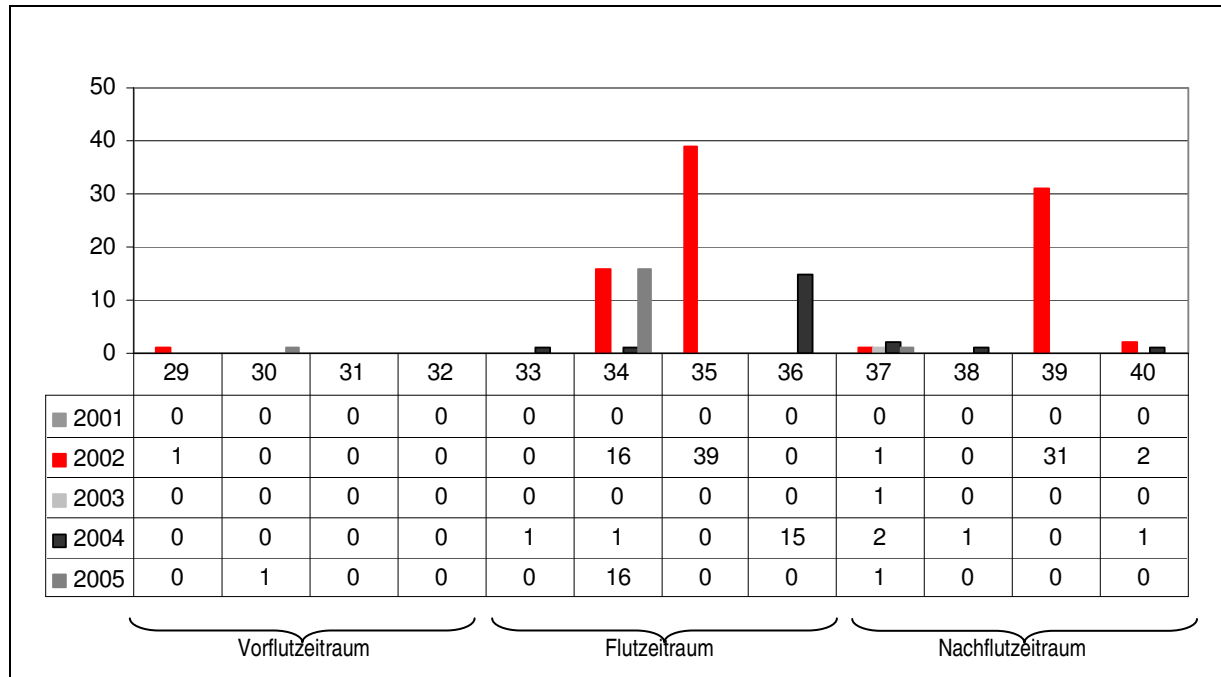


Abbildung 18: Norovirus-Erkrankungen pro Kalenderwoche im Landkreis Freiberg^[H] nach Jahren
 Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

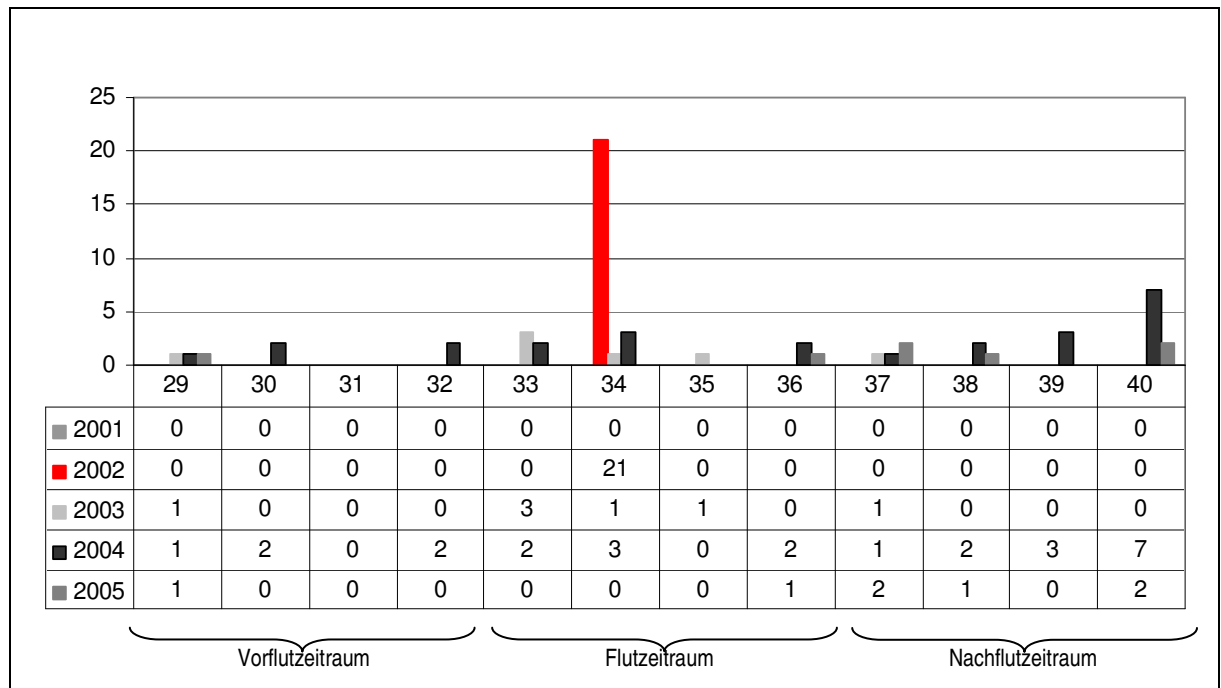


Abbildung 19: Norovirus-Erkrankungen pro Kalenderwoche im Landkreis Muldentalkreis^[H] nach Jahren
 Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

Die gemeldeten Fälle zeigten in allen Kreisen bis auf die Landkreise Delitzsch^(H), Wittenberg^(H), Saalkreis^(R) und Bernburg^(R), in denen nur Einzelfälle registriert wurden, Häufungen an. Im Jahr 2002 kamen im Landkreis Freiberg^(H) in den Kalenderwochen 34, 35 und 39 insgesamt 86 Fälle und im Landkreis Muldentalkreis^(H) in der 34. Woche 21 Fälle zur Meldung (Abbildung 18 und Abbildung 19).

Rotavirus-Erkrankungen

Auch Rotavirus-Erkrankungen gehören zu den häufig auftretenden Infektionskrankheiten, aber auch hier liegt wie bei den Norovirus-Erkrankungen der Hauptteil der Infektionen in den Wintermonaten. Das jährliche Minimum an Erkrankungen ist in der Regel zwischen den Kalenderwochen 27 und 47 zu erkennen (vgl. RKI 2006a), so dass hohe Erkrankungszahlen für die Kalenderwochen 29 bis 40 im Jahr 2002 nicht zu erwarten waren.

Für den Untersuchungsraum zeigt sich dies an nur wenigen Häufungen und vielen Einzelfallmeldungen (siehe z.B. Abbildung 20 und Abbildung 21). Das Maximum an Rotavirus-Erkrankungen wurde im Landkreis Löbau-Zittau^(R) in den Kalenderwochen 39 und 40 des Jahres 2002 mit jeweils 18 Erkrankungen registriert (Abbildung 20). In den Hochwasserkreisen waren im Jahr 2002 dagegen keine auffälligen Fallhäufungen erkennbar. Im Landkreis Bitterfeld^(H) wurden ab der 33. Kalenderwoche, wie auch in anderen Referenzjahren in diesem Zeitfenster, keine Rotavirus-Erkrankungen gemeldet (Abbildung 21).

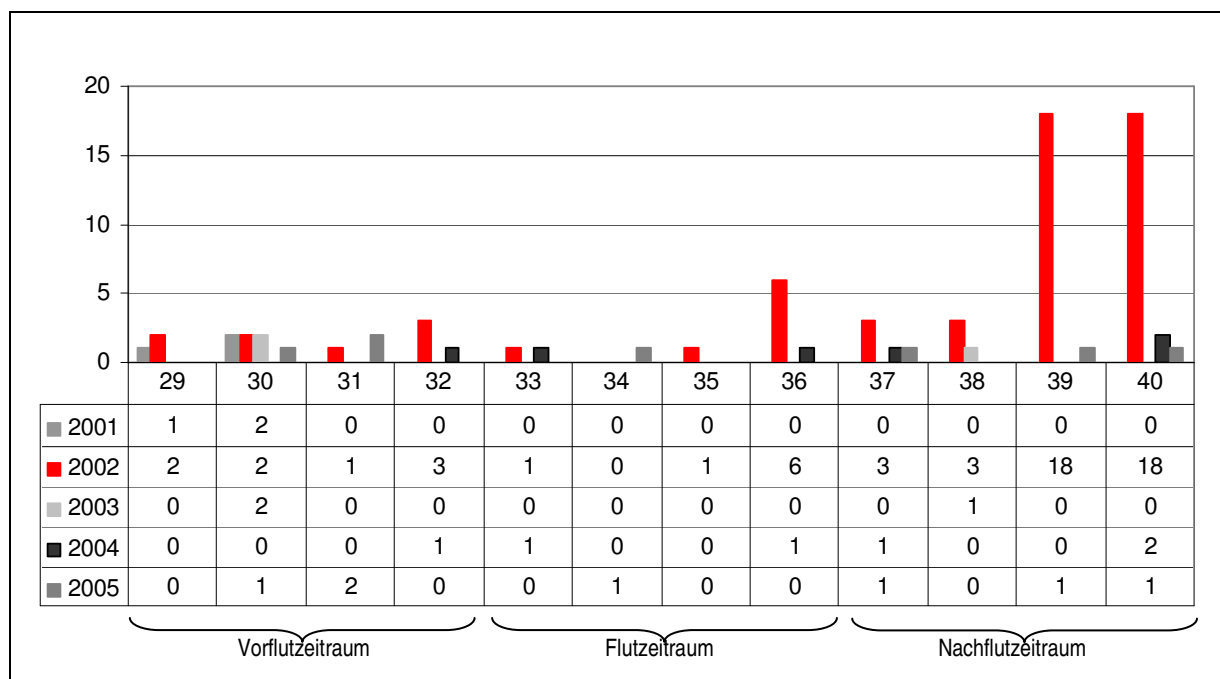


Abbildung 20: Rotavirus-Erkrankungen pro Kalenderwoche im Landkreis Löbau-Zittau^(R) nach Jahren

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

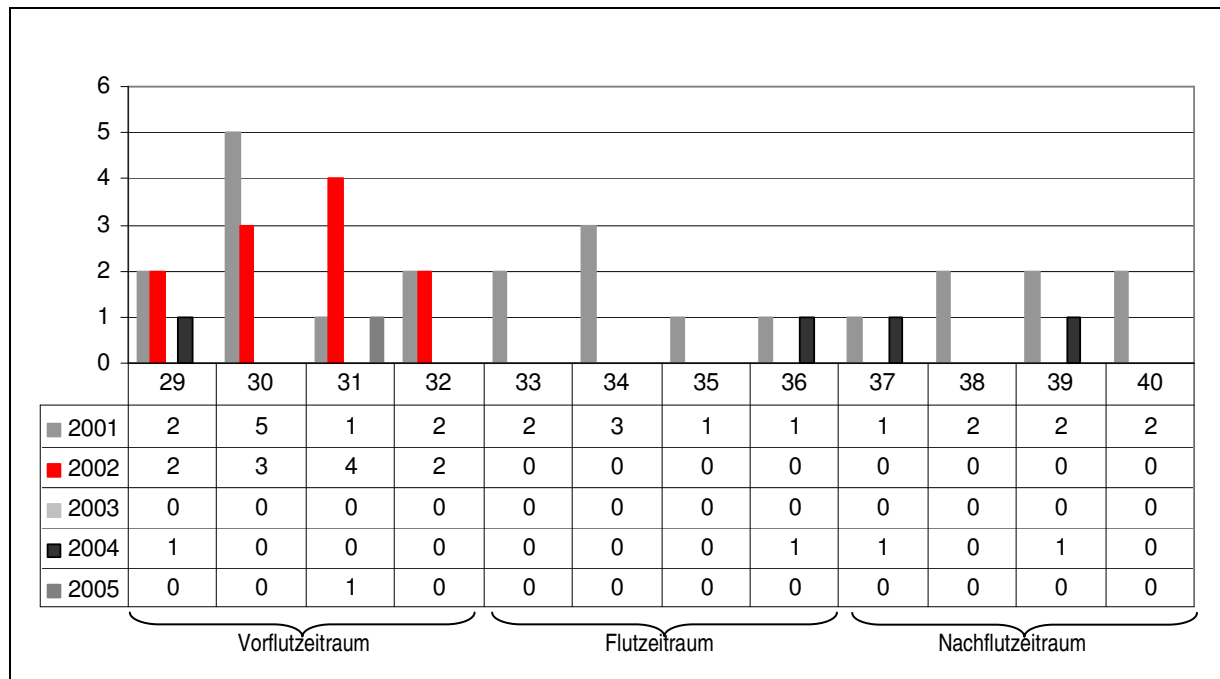


Abbildung 21: Rotavirus-Erkrankungen pro Kalenderwoche im Landkreis Bitterfeld^[H] nach Jahren

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

Salmonellosen

Salmonellosen gehörten während des Untersuchungszeitraums zu den am häufigsten gemeldeten Infektionskrankheiten. Die meisten Salmonellose-Fälle wurden im Landkreis Wittenberg^(H) (vgl. Abbildung 22) in den Kalenderwochen 38 und 39 registriert. In diesen beiden Kalenderwochen wurden insgesamt 131 Fälle gemeldet und davon alleine 111 in der 39. Kalenderwoche. Auch im Landkreis Bitterfeld^(H) gab es in der 40. Kalenderwoche mit 27 Fällen auffällig viele Salmonellosen (Abbildung 23).

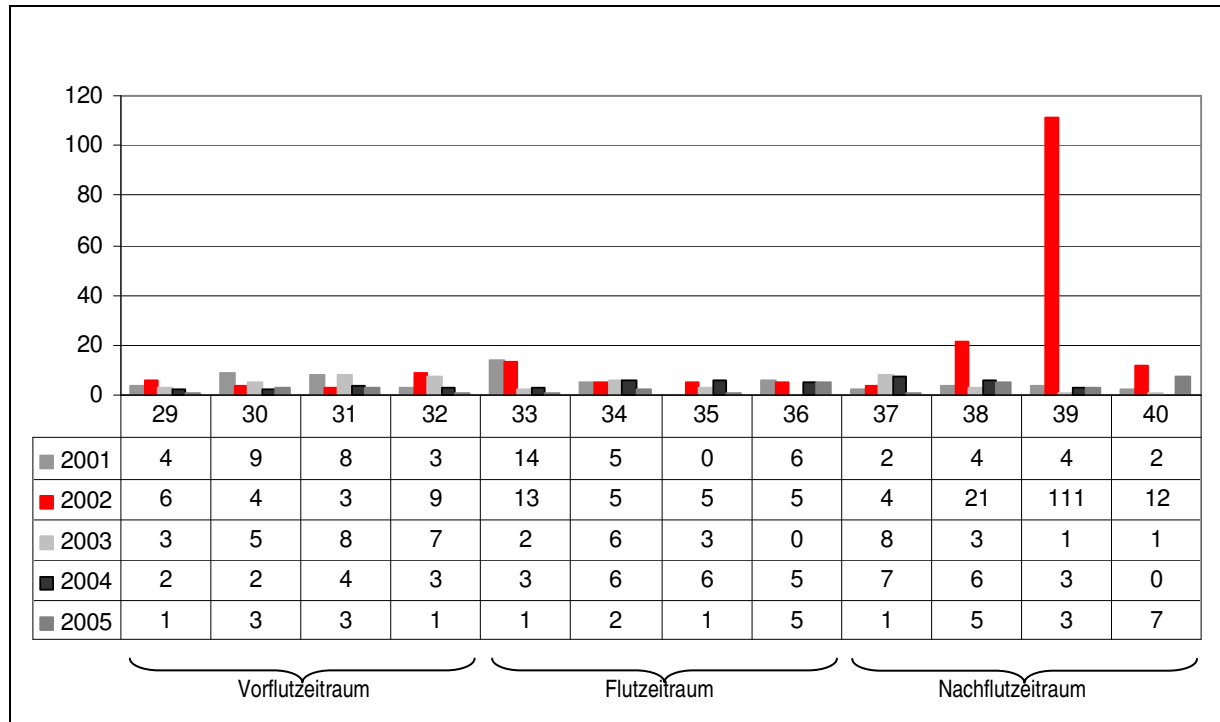


Abbildung 22: Salmonellosen pro Kalenderwoche im Landkreis Wittenberg^[H] nach Jahren

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

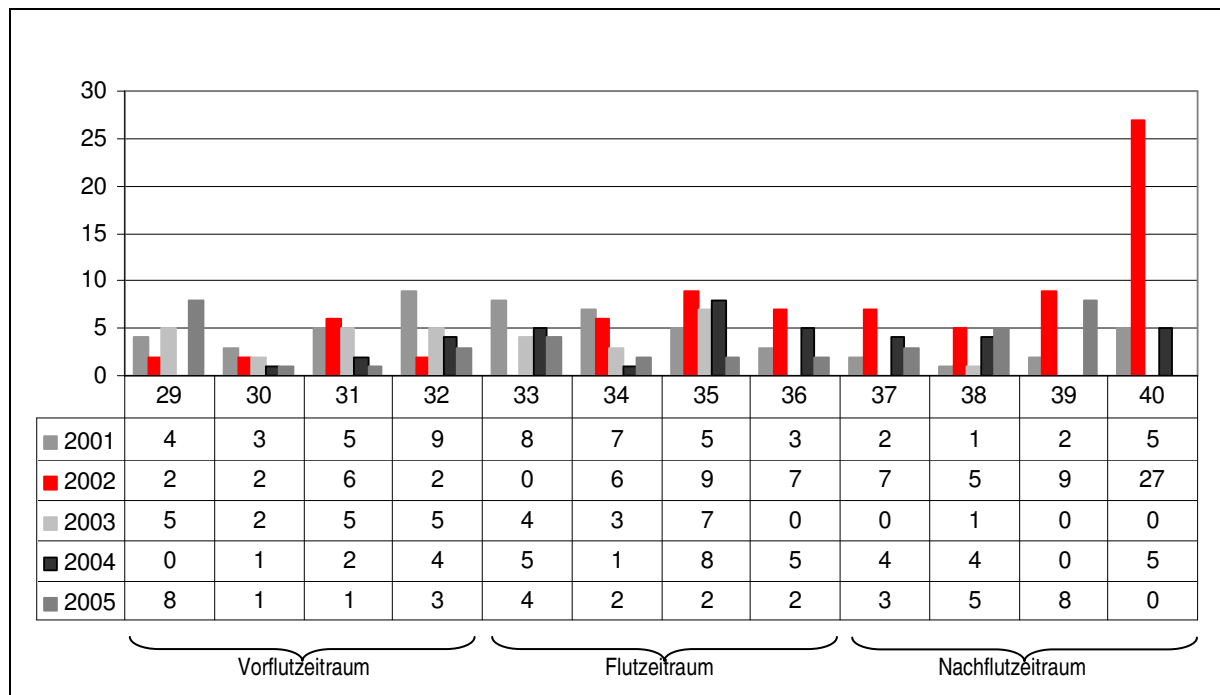


Abbildung 23: Salmonellosen pro Kalenderwoche im Landkreis Bitterfeld^[H] nach Jahren

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

Yersiniosen

Yersiniosen traten im Untersuchungszeitraum stetig aber in geringer Fallzahl auf. Im Landkreis Delitzsch^[H] (Abbildung 24) wurden im Jahr 2002 in den Kalenderwochen 33 bis 40

zehn Yersiniosen gemeldet, in den vier Referenzjahren waren es dagegen insgesamt 17 Fälle (mit einem arithmetischen Mittelwert von 4,25 Fällen pro Jahr). Ein ähnliches Verhältnis war im Landkreis Muldentalkreis^(H) zu erkennen (Abbildung 25). Hier standen sieben Fälle im Hochwasserjahr 15 Fällen in allen Referenzjahren und somit im Durchschnitt 3,75 Fällen pro Referenzjahr gegenüber.

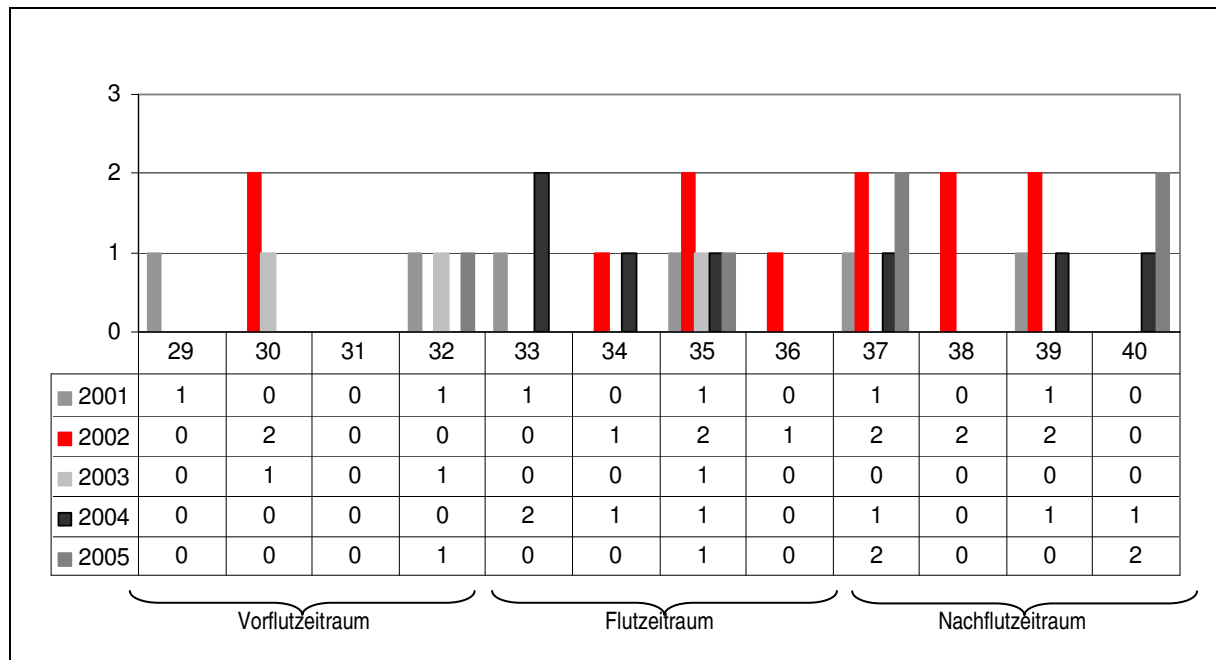


Abbildung 24: Yersiniosen pro Kalenderwoche im Landkreis Delitzsch^(H) nach Jahren

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

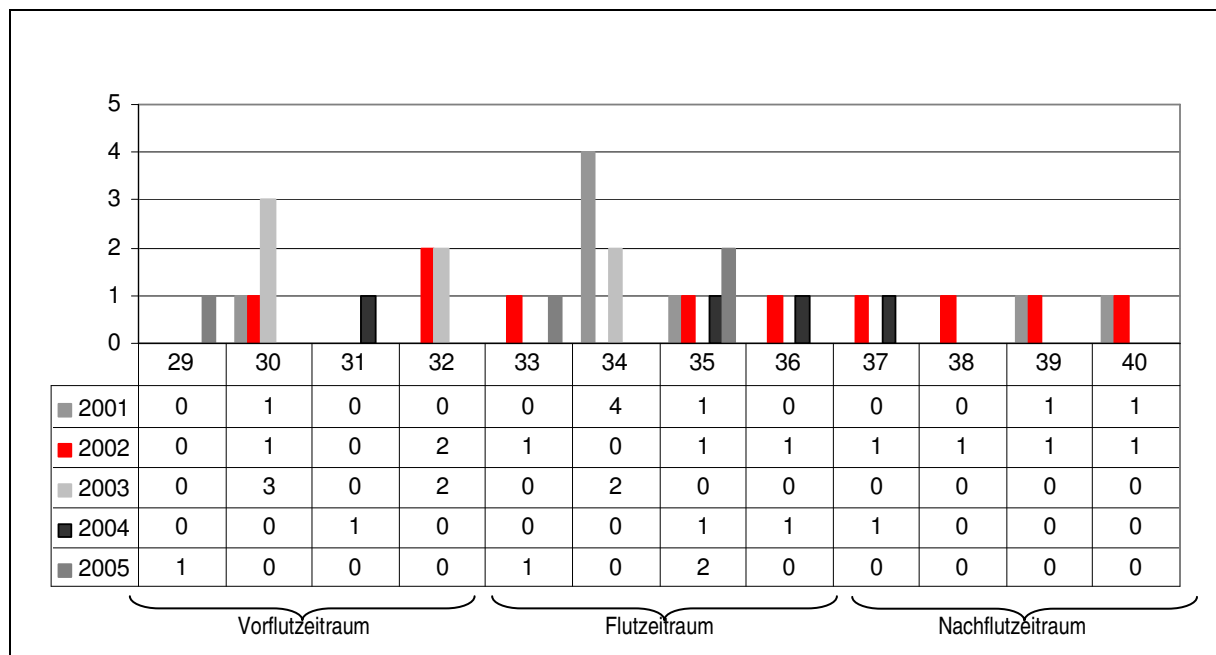


Abbildung 25: Yersiniosen pro Kalenderwoche im Landkreis Muldentalkreis^(H) nach Jahren

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

Die Erreger EHEC, Hepatitis A-Viren und Shigellen wurden während des Untersuchungszeitraums nur selten oder gar nicht als Krankheitsauslöser registriert. Im Jahr 2002 gab es in den Hochwasserkreisen einen gemeldeten Hepatitis A-Fall, aber keine EHEC-Enteritis und keine Shigellose. Das Auftreten dieser drei Erkrankungen wurde daher nicht auf signifikante Auffälligkeiten untersucht.

Die Darstellung der gemeldeten Fallzahlen in Säulendiagrammen erlaubte eine Einschätzung des wöchentlichen Infektionsgeschehens auf kleinräumiger Ebene. Es fiel auf, dass in vielen Kreisen und bei vielen Erkrankungen die Anzahl gemeldeter Fälle pro Kalenderwoche relativ gering war. Höhere Fallzahlen wurden nur bei den häufig vorkommenden Krankheiten Campylobacteriosen, Salmonellosen, Noro- und Rotavirus-Erkrankungen registriert.

Ein Vergleich der Fallzahlen im Jahr 2002 mit den Fallzahlen in den einzelnen Referenzjahren zeigte, dass im Hochwasserjahr zum Teil vergleichbare Schwankungen der gemeldeten Fälle auftraten wie in den Referenzjahren, aber dass zum Teil auch ein anderes Infektionsgeschehen vorlag. Durch eine Betrachtung der wöchentlichen Fallzahlen allein war nicht erkennbar, ob es sich um Zufallsschwankungen handelte, oder ob signifikante Unterschiede zwischen den Fallzahlen im Hochwasserjahr und denen in den Referenzzeiträumen bestanden.

Methoden zur Infektionskrankheiten-Surveillance, wie auch die in der vorliegenden Studie angewandten Verfahren der Perzentil-Berechnung, Z-Standardisierung und Berechnung der SMR, verwenden ein Beobachtungsjahr, für das das Infektionsgeschehen durch die Berechnung von arithmetischem Mittelwert und Streuungsmaßen mit Werten verschiedener Referenzjahre verglichen wird (vgl. Kapitel 4.3.3). Zur Untersuchung der Fallzahlen im Flut- und Nachflutzeitraum sowie zur Einschätzung des Infektionsgeschehens im Vorfeld des Hochwassers auch im Vorflutzeitraum mit der Methode der Perzentil-Berechnung wurden diese Verfahren der Infektionskrankheiten-Surveillance angewandt, um einschätzen zu können, ob die Fallzahlen im Hochwasserjahr signifikant höher oder niedriger waren als aufgrund der gemeldeten Fälle in den Referenzjahren zu erwarten gewesen wäre.

5.2.2 Verteilung der Fallzahlen anhand von Perzentilen

Für die ausgewählten potentiell wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Infektionskrankheiten (vgl. Kapitel 5.2.1) wurden 10%- und 90%-Perzentile der Fallzahlen in den Referenzjahren 2001 und 2003 bis 2005 berechnet (jeweils zwölf Vierwochenzeiträume pro Vorflut-, Flut- und Nachflutzeitraum, vgl. Kapitel 4.3.3). Die im Jahr 2002 in den jeweiligen Beobach-

tungszeiträumen (Vorflut-, Flut- und Nachflutzeitraum) gemeldeten Fälle wurden diesen Perzentilen gegenübergestellt.

Lagen die gemeldeten Fallzahlen im Vorflut-, Flut- bzw. Nachflutzeitraum (Kalenderwochen 29-32, 33-36 und 37-40) im Jahr 2002 innerhalb der Perzentile 10 und 90 der Referenzzeiträume, dann wurde ein unauffälliges Infektionsgeschehen im entsprechenden Zeitraum des Hochwasserjahres angenommen. Über- oder unterschritten die gemeldeten Fallzahlen 2002 jedoch die Perzentile der Referenzjahre, wurde davon ausgegangen, dass diese Werte auffällig hoch oder niedrig waren (siehe Tabelle 29 für die durch Bakterien und Tabelle 30 für die durch Viren und Parasiten übertragenen Erkrankungen).

Tabelle 29: Fallzahlen im Jahr 2002 und Perzentile der Referenzzeiträume der durch Bakterien übertragenen potentiell wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Infektionskrankheiten nach Krankheit, Kreis und Zeitraum

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

Kreis	Zeitraum	Campylobacteriosen	<i>E. coli</i> -Enteritiden	Salmonellosen	Yersiniosen
		Fallzahl 2002 ^a (P10; P90) ^b	Fallzahl 2002 ^a (P10; P90) ^b	Fallzahl 2002 ^a (P10; P90) ^b	Fallzahl 2002 ^a (P10; P90) ^b
Hochwasserkreise					
Delitzsch	Vorflut	10 (8; 18)	1 (0; 3)	20 (7; 20)	2 (1; 4)
	Flut	12 (8; 17)	2 (0; 3)	25* (6; 21)	4* (0; 3)
	Nachflut	16* (3; 12)	6* (0; 3)	25* (3; 20)	6* (0; 3)
Freiberg	Vorflut	11 (1; 17)	0 (0; 1)	15 (3; 32)	0 (0; 3)
	Flut	10 (9; 17)	0 (0; 2)	34* (6; 33)	0 (0; 2)
	Nachflut	19* (9; 18)	0 (0; 1)	18 (6; 28)	1 (0; 2)
Mulden- talkreis	Vorflut	23* (11; 20)	3 (0; 3)	28* (10; 25)	3 (1; 4)
	Flut	16 (10; 25)	4 (0; 4)	33* (7; 31)	3 (0; 4)
	Nachflut	11 (8; 21)	4 (0; 4)	20 (7; 31)	4* (0; 3)
Bitterfeld	Vorflut	9 (6; 10)	1 (1; 5)	12 (7; 20)	0 (0; 3)
	Flut	14* (5; 10)	1 (1; 4)	22* (7; 20)	3 (0; 3)
	Nachflut	11 (3; 17)	5 (1; 5)	48* (1; 18)	1 (0; 3)
Witten- berg	Vorflut	21* (6; 15)	1 (0; 1)	22 (8; 24)	3 (1; 4)
	Flut	22* (3; 15)	1 (0; 2)	28* (9; 23)	0* (1; 4)
	Nachflut	13 (3; 14)	2 (0; 2)	148* (9; 24)	1 (0; 4)
Referenzkreise					
Bautzen	Vorflut	25 (16; 27)	0 (0; 2)	33* (9; 22)	4 (1; 6)
	Flut	23* (9; 22)	2 (0; 2)	30* (7; 22)	3 (1; 4)
	Nachflut	23* (9; 21)	2 (0; 2)	33* (9; 25)	3 (1; 5)
Löbau- Zittau	Vorflut	35 (14; 29)	0 (0; 2)	33* (12; 32)	2 (1; 2)
	Flut	28 (15; 29)	0 (0; 2)	24 (9; 32)	5* (1; 3)
	Nachflut	24 (15; 27)	1 (0; 3)	24 (9; 28)	5* (0; 4)
Bernburg	Vorflut	2 (1; 5)	0 (0; 0)	7 (3; 12)	2 (0; 2)
	Flut	2 (1; 5)	2* (0; 1)	9 (3; 15)	2* (0; 1,9)
	Nachflut	2 (1; 5)	1 (0; 1)	11* (3; 10)	2* (0; 1)
Saalkreis	Vorflut	6 (2; 11)	2 (1; 3)	11 (3; 12)	5* (0; 3)
	Flut	10 (1; 10)	3 (1; 4)	24 (2; 12)	2 (0; 3)
	Nachflut	13* (0; 10)	2 (1; 4)	18* (0; 11)	7* (0; 2)

a. im Vorflut-, Flut- oder Nachflutzeitraum

b. 10%- und 90%-Perzentil der Fallzahlen in den Referenzzeiträumen der Jahre 2001 und 2003 bis 2005

* auffällig hoher oder niedriger Wert

Tabelle 30: Fallzahlen im Jahr 2002 und Perzentile der Referenzzeiträume der durch Parasiten und Viren übertragenen potentiell wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Infektionskrankheiten nach Krankheit, Kreis und Zeitraum

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

Kreis	Zeitraum	Giardiasen	Kryptosporidiosen	Norovirus-Erkrankungen	Rotavirus-Erkrankungen
		Fallzahl 2002 ^a (P10; P 90) ^b	Fallzahl 2002 ^a (P10; P 90) ^b	Fallzahl 2002 ^a (P10; P 90) ^b	Fallzahl 2002 ^a (P10; P 90) ^b
Hochwasserkreise					
Delitzsch	Vorflut	0 (0; 1)	2* (0; 1)	9* (0; 7)	3 (0; 4)
	Flut	0 (0; 1)	2* (0; 1)	0 (0; 5)	2 (0; 4)
	Nachflut	0 (0; 1)	1 (0; 1)	0 (0; 18)	1 (1; 5)
Freiberg	Vorflut	0 (0; 1)	0 (0; 2)	1 (0; 14)	4 (0; 8)
	Flut	1 (0; 1)	1 (0; 2)	55* (0; 14)	3 (0; 4)
	Nachflut	0 (0; 1)	0 (0; 2)	34* (0; 16)	2 (0; 5)
Mulden- talkreis	Vorflut	0 (0; 2)	1 (0; 1)	0 (0; 6)	4 (1; 6)
	Flut	0 (0; 2)	0 (0; 1)	21* (0; 6)	3 (0; 3)
	Nachflut	1 (0; 2)	0 (0; 1)	0 (0; 20)	2 (0; 4)
Bitterfeld	Vorflut	0 (0; 2)	1 (0; 2)	0 (0; 1)	11* (0; 10)
	Flut	3* (0; 1)	1 (0; 2)	0 (0; 3)	0 (0; 7)
	Nachflut	0 (0; 1)	1 (0; 2)	0 (0; 3)	0 (0; 6)
Witten- berg	Vorflut	1 (0; 1)	1* (0; 0)	0 (0; 1)	3 (1; 5)
	Flut	0 (0; 1)	0 (0; 1)	0 (0; 2)	1 (1; 5)
	Nachflut	2* (0; 1)	1* (0; 0)	1 (0; 2)	3 (1; 10)
Referenzkreise					
Bautzen	Vorflut	0 (0; 1)	0 (0; 0)	0 (0; 32)	8 (1; 10)
	Flut	0 (0; 1)	0 (0; 0)	0 (0; 23)	4 (1; 4)
	Nachflut	1 (0; 1)	0 (0; 0)	0 (0; 29)	8* (1; 2)
Löbau- Zittau	Vorflut	0 (0; 1)	1 (0; 1)	0 (7; 31)	8 (0; 11)
	Flut	1 (0; 1)	0 (0; 0)	0 (2; 34)	8* (0; 3)
	Nachflut	0 (0; 1)	0 (0; 1)	36 (0; 51)	42* (0; 3)
Bernburg	Vorflut	0 (0; 1)	0 (0; 1)	0 (0; 0)	0 (0; 1)
	Flut	0 (0; 1)	1 (0; 1)	1 (0; 1)	2* (0; 0)
	Nachflut	0 (0; 1)	0 (0; 1)	0 (0; 0)	1 (0; 1)
Saalkreis	Vorflut	0 (0; 0)	1 (0; 0)	0 (0; 0)	2* (0; 1)
	Flut	0 (0; 0)	0 (0; 0)	0 (0; 0)	1 (0; 1)
	Nachflut	0 (0; 0)	0 (0; 0)	0 (0; 1)	1 (0; 1)

a. im Vorflut-, Flut- oder Nachflutzeitraum

b. 10%- und 90%-Perzentil der Fallzahlen in den Referenzzeiträumen der Jahre 2001 und 2003 bis 2005

* auffällig hoher oder niedriger Wert

Das Verhältnis zwischen den Fallzahlen im Flut- bzw. Nachflutzeitraum im Jahr 2002 und den dazugehörigen Perzentilen der Referenzjahre ist in Abbildung 26 bis Abbildung 28 graphisch dargestellt. In diesen Abbildungen sind neben der Summe an Fallzahlen im Flut- und Nachflutzeitraum im Jahr 2002 und den Perzentilwerten der Referenzjahre auch die Spannweitenlinien visualisiert.

Gegenüber den Perzentilen der Referenzjahre auffällig hohe Fallzahlen waren bei allen Krankheiten und in allen Landkreisen erkennbar, auffällig niedrige Werte nur in den Landkreisen Wittenberg^(H) (Yersiniosen und Rotavirus-Erkrankungen) und Löbau-Zittau^(R) (Noro-

virus-Erkrankungen). Auffällig hoch gegenüber den 90%-Perzentilen der Referenzzeiträume waren – wie bereits aufgrund der Rohdaten zu vermuten – im Jahr 2002 die Fallzahlen der Norovirus-Erkrankungen in den Landkreisen Freiberg^(H) und Muldentalkreis^(H), der Rotavirus-Erkrankungen im Landkreis Löbau-Zittau^(R) sowie der Salmonellosen in den Landkreisen Bitterfeld^(H) und Wittenberg^(H) (vgl. Tabelle 29 und Tabelle 30 sowie Abbildung 26 bis Abbildung 28).

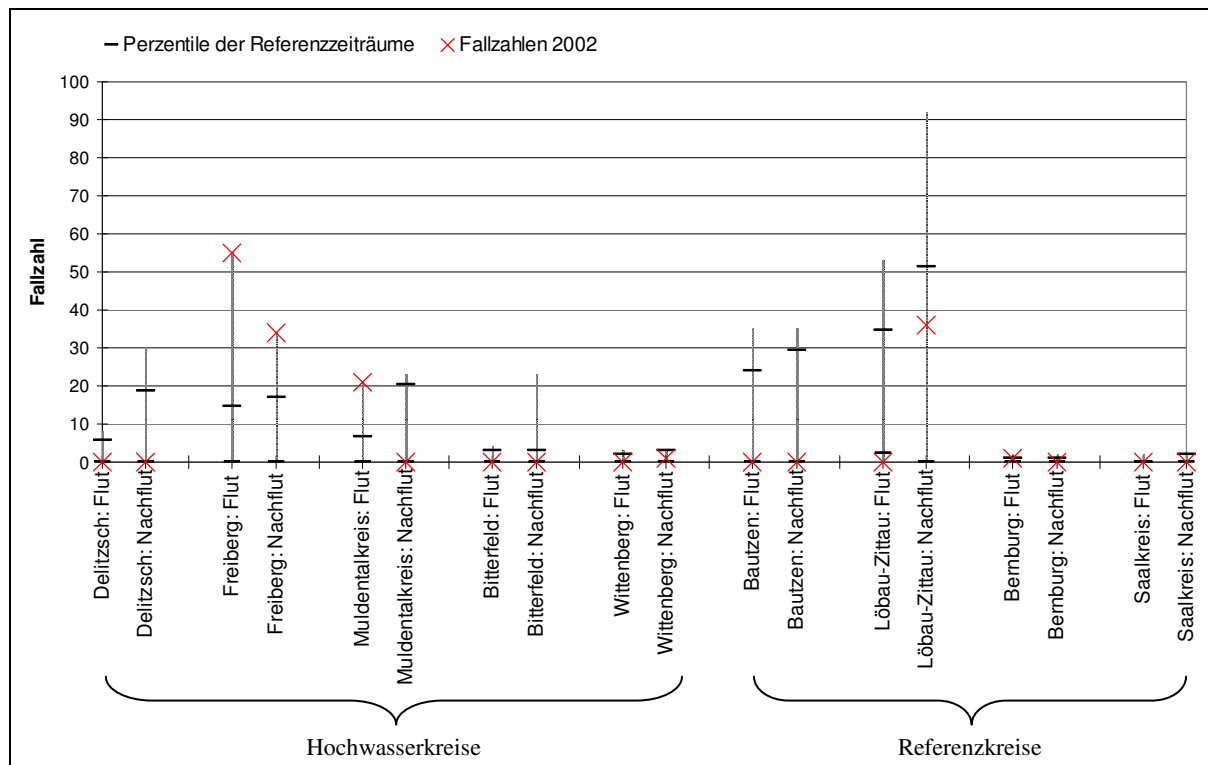


Abbildung 26: Perzentile der Norovirus-Erkrankungen nach Landkreis und Zeitraum

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.⁴⁷

Gepunktete Linie: Spannweitenlinie

Im Vergleich zu den berechneten Perzentilen der Fallzahlen in den Referenzjahren erschienen folgende Fallzahlen im Jahr 2002 auffällig hoch:

- Die Fallzahlen der Norovirus-Erkrankungen lagen im Landkreis Freiberg^(H) im Jahr 2002 nicht nur im Flutzeitraum, sondern auch im Nachflutzeitraum oberhalb des 90%-Perzentils der Referenzzeiträume (vgl. Abbildung 26 und Tabelle 30). Während in den Landkreisen Freiberg^(H) und Muldentalkreis^(H) im Vorflutzeitraum keine Auffälligkeiten erkennbar wa-

⁴⁷ Berechnungsgrundlage: 12 Referenzzeiträume im Flutzeitraum: Kalenderwochen 29-32, 33-36 und 37-40 der Jahre 2001 und 2003 bis 2005; 12 Referenzzeiträume im Nachflutzeitraum: Kalenderwochen 33-36, 37-40 und 41-44 der Jahre 2001 und 2003 bis 2005; Summe der Fallzahlen im Flutzeitraum: Kalenderwochen 33-36 im Jahr 2002; Summe der Fallzahlen im Nachflutzeitraum: Kalenderwochen 37-40 im Jahr 2002.

- ren, gab es im Landkreis Delitzsch^(H) dagegen schon vor dem Hochwasserereignis höhere Fallzahlen als in den Referenzjahren.
- Die Zahl der Rotavirus-Erkrankungen war im Landkreis Löbau-Zittau^(R) in beiden Beobachtungszeiträumen höher als das 90%-Perzentil der Fallzahlen in den Referenzjahren. Weitere Überschreitungen dieses Perzentils lagen in den Landkreisen Bautzen^(R) (im Nachflutzeitraum) sowie Bernburg^(R) (im Flutzeitraum) vor. Bereits während des Vorflutzeitraums traten in den Landkreisen Bitterfeld^(H) und Saalkreis^(R) Überschreitungen des 90%-Perzentils auf (vgl. Tabelle 30 und Abbildung 27).
 - Der Beginn der Salmonellose-Häufung im Landkreis Wittenberg^(H), bei der zwischen den Kalenderwochen 37 und 40 insgesamt 148 Fälle gemeldet wurden, zeichnete sich bereits durch eine Überschreitung des 90%-Perzentils während des Flutzeitraums ab. Auch im Landkreis Bitterfeld^(H), der an den Landkreis Wittenberg^(H) angrenzt, lagen die Salmonellose-Fallzahlen sowohl im Flut- als auch im Nachflutzeitraum oberhalb des 90%-Perzentils der Fallzahlen in den Referenzzeiträumen. Nur leicht erhöht waren die Fallzahlen im Hochwasserjahr dagegen in den Landkreisen Delitzsch^(H), Saalkreis^(R), Löbau-Zittau^(R), Muldentalkreis^(H), Bautzen^(R) und Bernburg^(R) (vgl. Abbildung 28).
 - Oberhalb des 90%-Perzentils der Fälle in den Referenzjahren befanden sich die Campylobacteriose-Fallzahlen im Flutzeitraum in den Hochwasserkreisen Bitterfeld und Wittenberg und im Nachflutzeitraum in den Hochwasserkreisen Delitzsch und Freiberg. In zwei der vier Referenzkreise waren die Fallzahlen 2002 im Nachflutzeitraum ebenfalls höher als das 90%-Perzentil (Landkreise Bautzen^(R) und Saalkreis^(R)). Wird dieses Ergebnis mit den Perzentil-Überschreitungen bzw. den Perzentil-Unterschreitungen im Vorflutzeitraum verglichen (siehe Tabelle 29), dann ist für die Landkreise Muldentalkreis^(H) und Wittenberg^(H) bereits vor dem Flutereignis erkennbar, dass die Campylobacteriose-Fallzahlen das 90%-Perzentil der Fallzahlen in den Referenzzeiträumen überschritten.
 - Die 90%-Perzentile der Yersiniose-Fallzahlen wurden im Landkreis Delitzsch^(H) sowohl im Flut- als auch im Nachflutzeitraum überschritten und im Landkreis Muldentalkreis^(H) im Nachflutzeitraum. In den nicht vom Hochwasser betroffenen Kreisen lagen die Yersiniose-Fallzahlen in den Landkreisen Löbau-Zittau^[R], Bernburg^[R] und Saalkreis^[R] oberhalb der 90%-Perzentile (siehe Tabelle 29).
 - Selten überschritten Fallzahlen der *E. coli*-Enteritis, der Giardiasis und der Kryptosporidiose das 90%-Perzentil der Fallzahlen in den Referenzzeiträumen. Hierzu gehören Überschreitungen des 90%-Perzentils durch *E. coli*-Enteritiden in den Landkreisen Delitzsch^(H)

und Bernburg^(R), durch Giardiasen in den Landkreisen Bitterfeld^(H) und Wittenberg^(H), sowie durch Kryptosporidiosen in den Landkreisen Delitzsch^(H) und Wittenberg^(H). Bei den Kryptosporidiosen waren in den beiden genannten Kreisen jedoch bereits im Vorflutzeitraum Überschreitungen des 90%-Perzentils festzustellen (Tabelle 30).

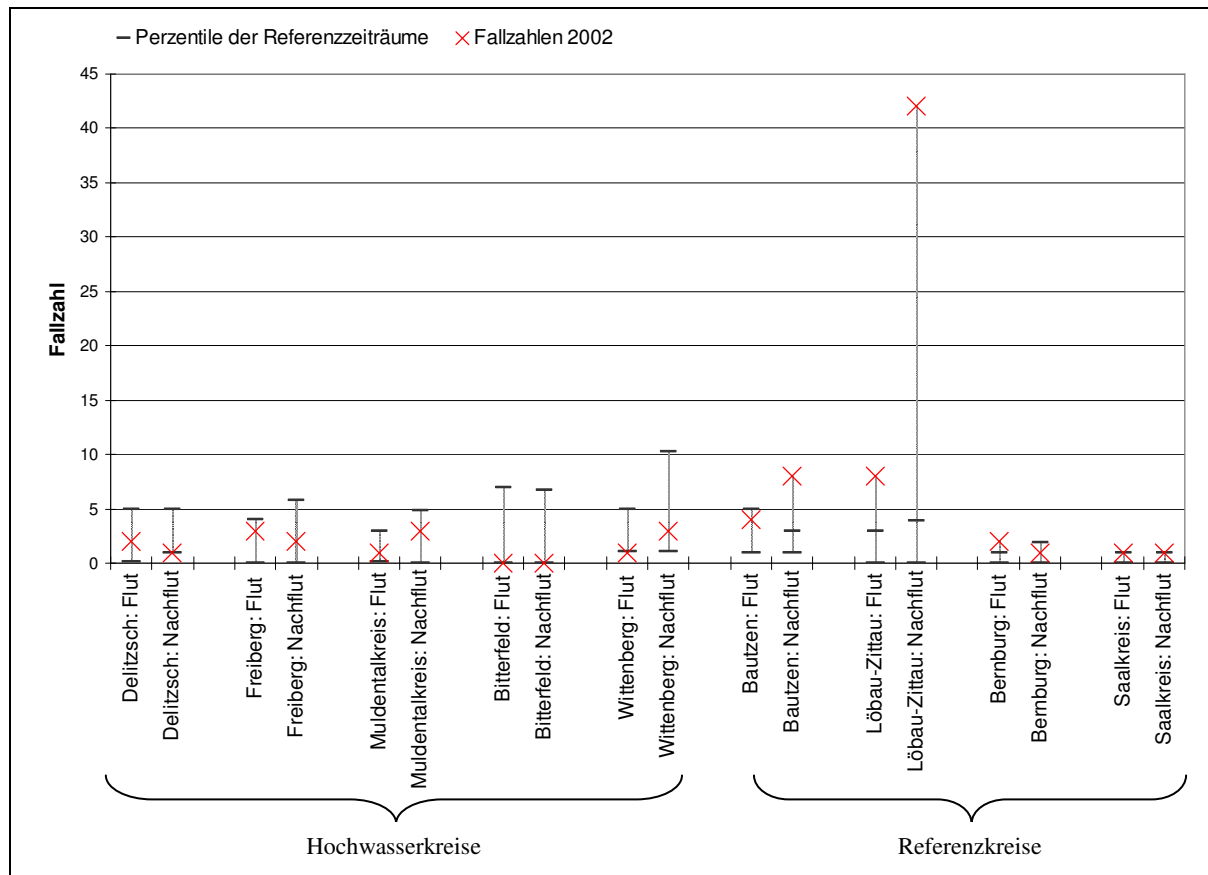


Abbildung 27: Perzentile der Rotavirus-Erkrankungen nach Landkreis und Zeitraum

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.
Gepunktete Linie: Spannweitenlinie

Insgesamt ist in den Ergebnissen der Perzentil-Berechnung erkennbar, dass die Summen der im Jahr 2002 gemeldeten Fälle bakterieller Erkrankungen – bis auf die *E. coli*-Enteritiden – häufiger die Perzentilwerte der Referenzjahre überschritten als virale Erkrankungen, was vermutlich zu einem Großteil auf saisonale Effekte zurückzuführen ist. Bei mehreren Erkrankungen gab es bereits im Vorflutzeitraum auffällige Häufungen, so dass Häufungen im sich anschließenden Flut- und Nachflutzeitraum vermutlich im Zusammenhang mit diesen Auffälligkeiten zu sehen sind. Zudem zeigt sich der starke Einfluss von Häufungen in den Referenzjahren auf die Erkennung von Häufungen im Jahr 2002: Lagen in einem oder in mehreren Referenzjahren im betrachteten Zeitraum Häufungen vor, sind Häufungen im Jahr 2002 nicht

als auffällig erkennbar (vgl. z.B. Norovirusinfektionen im Landkreis Löbau-Zittau^[R] im Nachflutzeitraum, Abbildung 26).

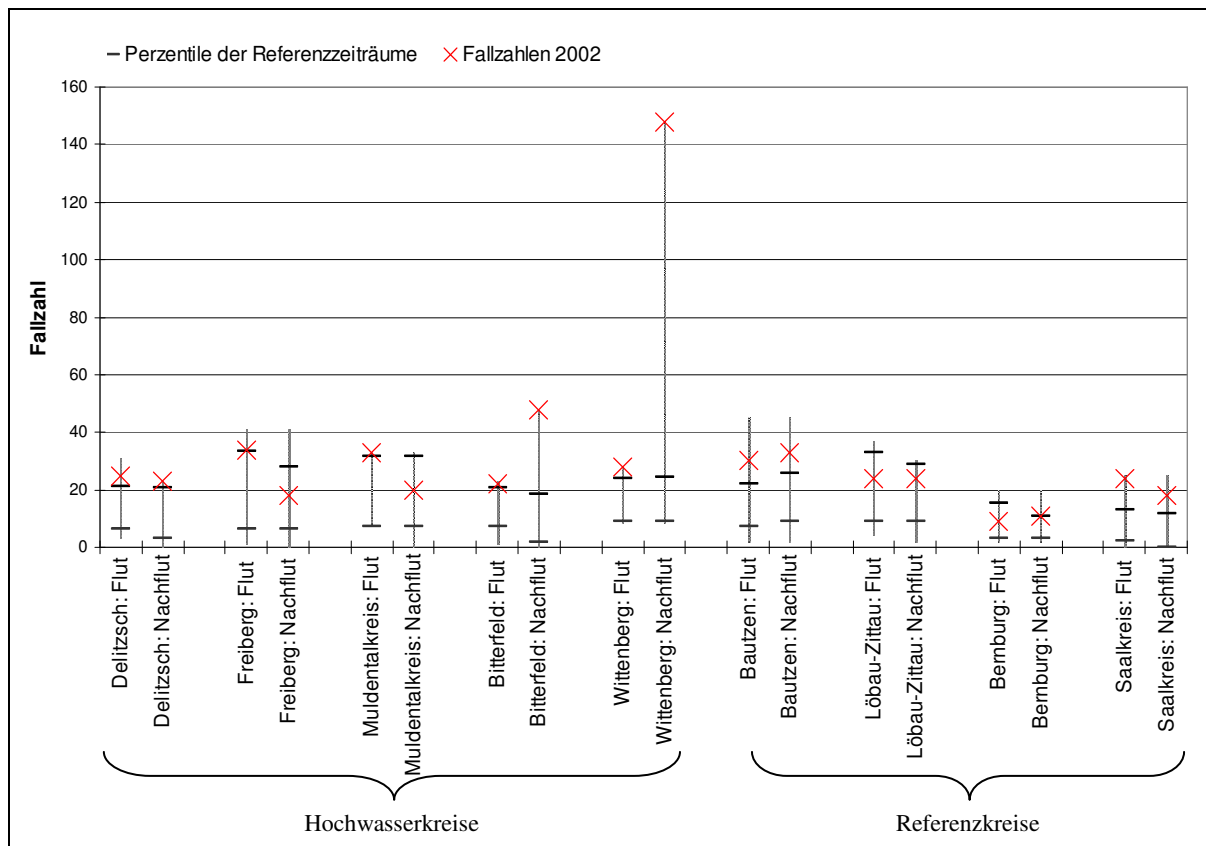


Abbildung 28: Perzentile der Salmonellosen nach Landkreis und Zeitraum

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.
Gepunktete Linie: Spannweitenlinie

5.2.3 Z-Werte der Fallzahlen

Da Grundvoraussetzung für die Durchführung der Z-Transformation das Vorliegen einer Normalverteilung der gemeldeten Fallzahlen in den Referenzzeiträumen war, wurden die Fallzahlen zunächst auf Normalverteilung getestet. Hierzu wurden ein χ^2 -Anpassungstest zur Untersuchung der Fallzahlen in den Hochwasser- und Referenzkreisen in den Kalenderwochen 25 bis 44 der Jahre 2001 und 2003 bis 2005 (entsprechend den Referenzzeiträumen) durchgeführt und die Häufigkeitsverteilungen wurden in Histogrammen dargestellt.

Die Normalverteilung wurde angenommen, wenn die Bedingung der H_0 -Hypothese, dass die Fallzahlen mit $N(\mu_0, \sigma_0^2)$ normalverteilt sind, nicht abzulehnen war. Erkennbar war dies an einem P-Wert größer als 0,05. In diesem Fall konnte die Z-Transformation durchgeführt werden (siehe Tabelle 31).

War die H_0 -Hypothese aufgrund eines zu geringen P-Wertes zu verwerfen, wurde die Verteilung der Fallzahlen im Histogramm betrachtet. Eine Z-Transformation wurde auch dann vorgenommen, wenn die Abweichung von einer symmetrischen Verteilung gering genug erschien, um sie zu ignorieren. Aufgrund der Häufigkeitsverteilungen, die in Abbildung 29 und Abbildung 30 dargestellt sind, wurde dies im Fall der *E. coli*-Enteritiden im Landkreis Saalkreis^[R] und der Yersiniosen im Landkreis Muldentalkreis^[H] angenommen.

Tabelle 31: Ergebnisse der χ^2 -Tests der Fallzahlen der durch Bakterien übertragenen potentiell wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Erkrankungen nach Krankheit und Kreis

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

Krankheit		Kreis	χ^2	P	Annahme einer Normalverteilung
Campylobacteriosen	Hochwasserkreise	Delitzsch	1,50	0,47	Ja
		Freiberg	3,26	0,20	Ja
		Muldentalkreis	0,84	0,84	Ja
		Bitterfeld	7,69	0,17	Ja
		Wittenberg	4,02	0,26	Ja
	Referenzkreise	Bautzen	3,91	0,27	Ja
		Löbau-Zittau	4,92	0,43	Ja
		Bernburg	6,00	0,31	Ja
		Saalkreis	1,80	0,62	Ja
		<i>E. coli</i> -Enteritiden	Hochwasserkreise	Delitzsch	33,47
Freiberg	-			-	Nein
Muldentalkreis	4,08			0,40	Ja
Bitterfeld	9,72			0,14	Ja
Wittenberg	-			-	Nein
Referenzkreise	Bautzen		2,40	0,30	Ja
	Löbau-Zittau		9,27	0,01	Nein
	Bernburg		-	-	Nein
	Saalkreis		14,07	0,02	Nein
	Salmonellosen		Hochwasserkreise	Delitzsch	5,02
Freiberg		8,62		0,01	Nein
Muldentalkreis		4,60		0,33	Ja
Bitterfeld		1,41		0,49	Ja
Wittenberg		3,08		0,38	Ja
Referenzkreise		Bautzen	5,26	0,07	Ja
		Löbau-Zittau	5,55	0,35	Ja
		Bernburg	26,48	0,00	Nein
		Saalkreis	34,93	0,00	Nein
		Yersiniosen	Hochwasserkreise	Delitzsch	2,06
Freiberg	6,74			0,08	Ja
Muldentalkreis	9,31			0,03	Nein
Bitterfeld	2,35			0,31	Ja
Wittenberg	1,16			0,88	Ja
Referenzkreise	Bautzen		6,85	0,23	Ja
	Löbau-Zittau		4,29	0,23	Ja
	Bernburg		-	-	Nein
	Saalkreis		1,60	0,45	Ja

Tabelle 32: Ergebnisse der χ^2 -Tests der Fallzahlen der durch Parasiten und Viren übertragenen potentiell wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Erkrankungen nach Krankheit und Kreis

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

Krankheit	Kreis	χ^2	P	Annahme einer Normalverteilung	
Giardiasen	Hochwasserkreise	Delitzsch	-	-	Nein
		Freiberg	-	-	Nein
		Muldentalkreis	-	-	Nein
		Bitterfeld	-	-	Nein
		Wittenberg	-	-	Nein
	Referenzkreise	Bautzen	-	-	Nein
		Löbau-Zittau	-	-	Nein
		Bernburg	-	-	Nein
		Saalkreis	-	-	Nein
	Kryptosporidiosen	Hochwasserkreise	Delitzsch	-	-
Freiberg			-	-	Nein
Muldentalkreis			-	-	Nein
Bitterfeld			-	-	Nein
Wittenberg			-	-	Nein
Referenzkreise		Bautzen	-	-	Nein
		Löbau-Zittau	-	-	Nein
		Bernburg	-	-	Nein
		Saalkreis	-	-	Nein
Norovirus-Erkrankungen		Hochwasserkreise	Delitzsch	51,38	0,00
	Freiberg		27,39	0,00	Nein
	Muldentalkreis		8,72	0,01	Nein
	Bitterfeld		453,66	0,00	Nein
	Wittenberg		-	-	Nein
	Referenzkreise	Bautzen	10,24	0,07	Ja
		Löbau-Zittau	39,91	0,00	Nein
		Bernburg	-	-	Nein
		Saalkreis	-	-	Nein
	Rotavirus-Erkrankungen	Hochwasserkreise	Delitzsch	22,06	0,00
Freiberg			47,67	0,00	Nein
Muldentalkreis			105,35	0,00	Nein
Bitterfeld			10,08	0,02	Nein
Wittenberg			43,88	0,00	Nein
Referenzkreise		Bautzen	22,54	0,00	Nein
		Löbau-Zittau	11,83	0,02	Nein
		Bernburg	-	-	Nein
		Saalkreis	-	-	Nein

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde das Vorliegen einer Normalverteilung in allen Kreisen angenommen für die Verteilung der Fallzahlen der Campylobacteriosen und in allen Kreisen abgelehnt für die Verteilung der Fallzahlen der Giardiasen, Kryptosporidiosen und Rotavirus-Erkrankungen. Bei den Norovirus-Erkrankungen waren allein im nicht vom Hochwasser betroffenen Landkreis Bautzen^[R] die Fallzahlen normalverteilt, so dass hier keine Z-Transformation durchgeführt wurde. Bei allen anderen Krankheiten (*E. coli*-Enteritiden, Sal-

monellosen und Yersiniosen) gab es sowohl Kreise mit normalverteilten als auch mit nicht normalverteilten Fallzahlen (vgl. Tabelle 31).

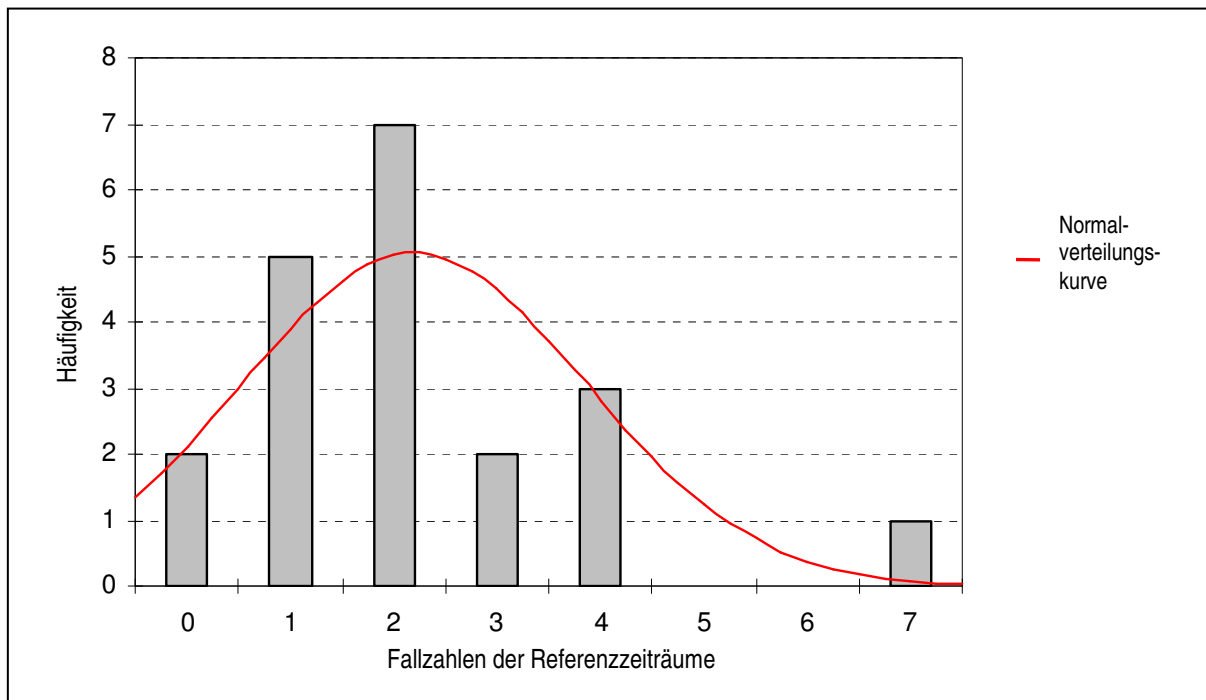


Abbildung 29: Häufigkeitsverteilung der *E. coli*-Enteritiden im Landkreis Saalkreis^[R]

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

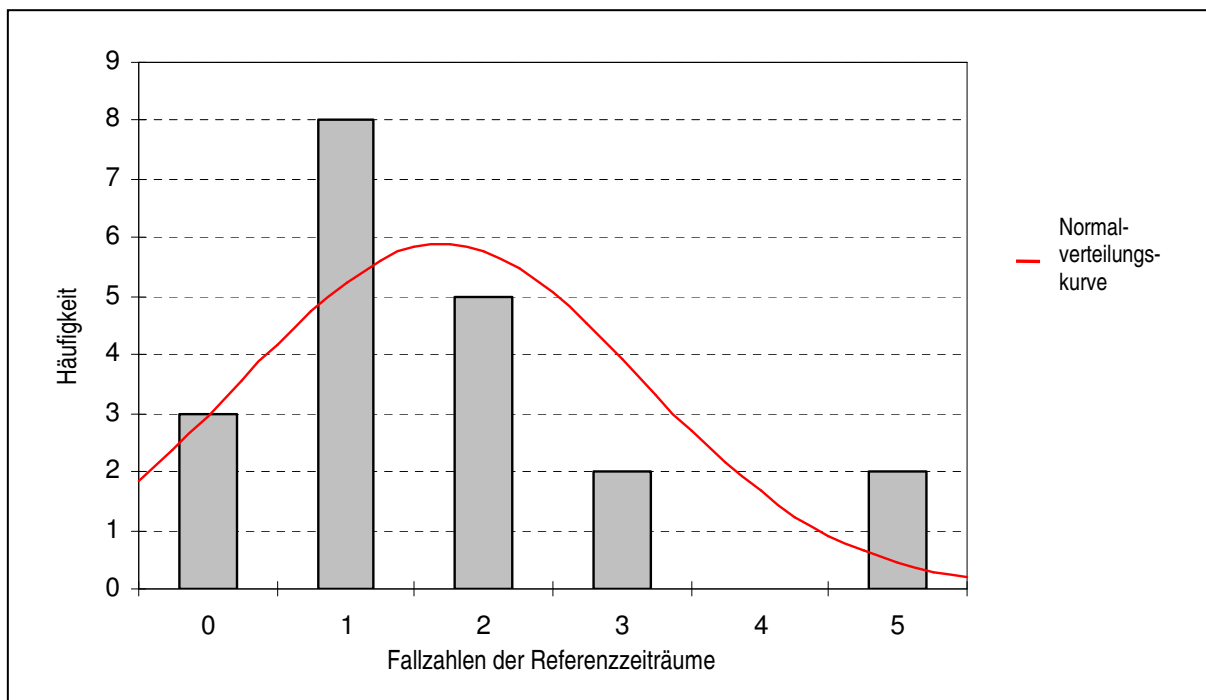


Abbildung 30: Häufigkeitsverteilung der Yersiniosen im Landkreis Muldentalkreis^[H]

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

Die Ergebnisse der Z-Transformation der normalverteilten Erkrankungen sind für den Flutzeitraum (Kalenderwochen 33 bis 36) und den Nachflutzeitraum (Kalenderwochen 37 bis 40) nach Landkreisen geordnet in Diagrammen, die an das Infektionskrankheiten-Barometer NRW angelehnt sind (Abbildung 31 und Abbildung 32; Reintjes et al. 2001), sowie in Tabelle 33 dargestellt. Der Z-Wert wurde ausgehend von den Fallzahlen in den Referenzzeiträumen (zwölf Vierwochenzeiträume der Jahre 2001 und 2003 bis 2005) berechnet (vgl. Kapitel 4.3.3). Eine Überschreitung des Grenzwertes von $\pm 1,645$ deutete auf eine vermutlich nicht zufällige Abweichung der Fallzahlen im Jahr 2002 gegenüber den Fallzahlen in den Referenzzeiträumen hin.

Tabelle 33: Z-Werte potentiell wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten nach Krankheit, Kreis und Zeitraum

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

Kreis	Z-Werte ^a							
	Campylobacteriosen		<i>E. coli</i> -Enteritiden		Salmonellosen		Yersiniosen	
	Flut	Nachflut	Flut	Nachflut	Flut	Nachflut	Flut	Nachflut
Hochwasserkreise								
Delitzsch	0,21	1,59	-	-	1,44	1,74*	1,69*	3,25*
Freiberg	-0,52	1,17	-	-	-	-	-0,97	-0,11
Muldentalkreis	-0,10	-0,41	1,13	0,92	1,83*	0,44	0,67	1,58
Bitterfeld	2,50*	0,49	-0,81	1,11	1,41	5,71*	1,19	-0,73
Wittenberg	2,89*	1,04	-	-	2,15*	21,29*	-1,66*	-0,90
Referenzkreise								
Bautzen	0,72	1,18	1,10	0,53	1,28	1,47	0,31	-0,04
Löbau-Zittau	0,85	0,42	-	-	0,26	0,47	2,60*	1,88*
Bernburg	-0,85	-0,62	-	-	-	-	-	-
Saalkreis	0,99	1,89*	0,15	-0,19	-	-	0,48	5,69*

a Grenzwert = $\pm 1,645$

* auffällig hoher oder niedriger Wert

Wie bereits aufgrund der Rohdaten und der Perzentil-Berechnung zu vermuten war, gab es die höchsten Überschreitungen des Grenzwertes von $\pm 1,645$ bei den Z-Werten der Salmonellose-Fallzahlen im Nachflutzeitraum in den Landkreisen Wittenberg^(H) (21,29) und Bitterfeld^(H) (5,71). Zudem lagen die Z-Werte der Yersiniose-Fallzahlen in den Landkreisen Saalkreis^(R) mit 5,69 und Delitzsch^(H) mit 3,25 weit oberhalb des Grenzwertes (vgl. Abbildung 31 und Abbildung 32 sowie Tabelle 33).

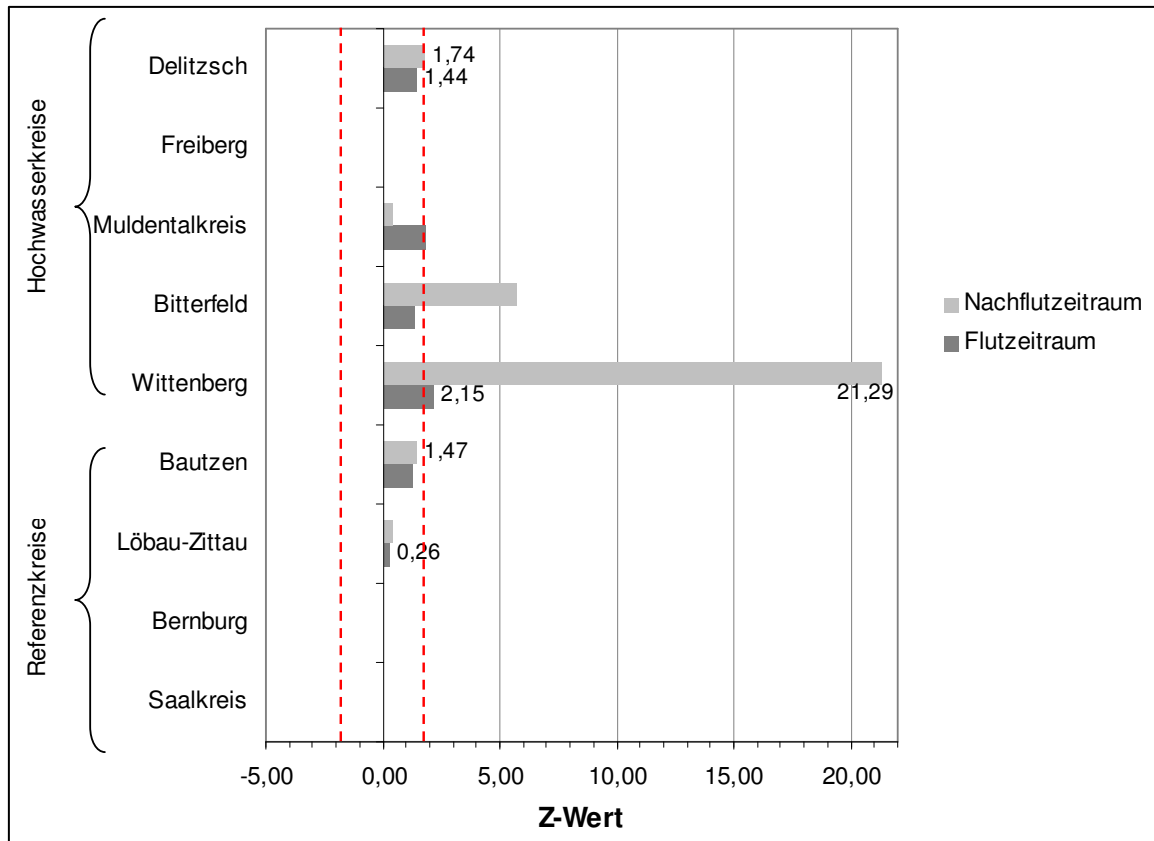


Abbildung 31: Z-Werte der Salmonellosen nach Kreis und Zeitraum

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

Die rot gestrichelten Linien markieren den Grenzwert von $\pm 1,645$.

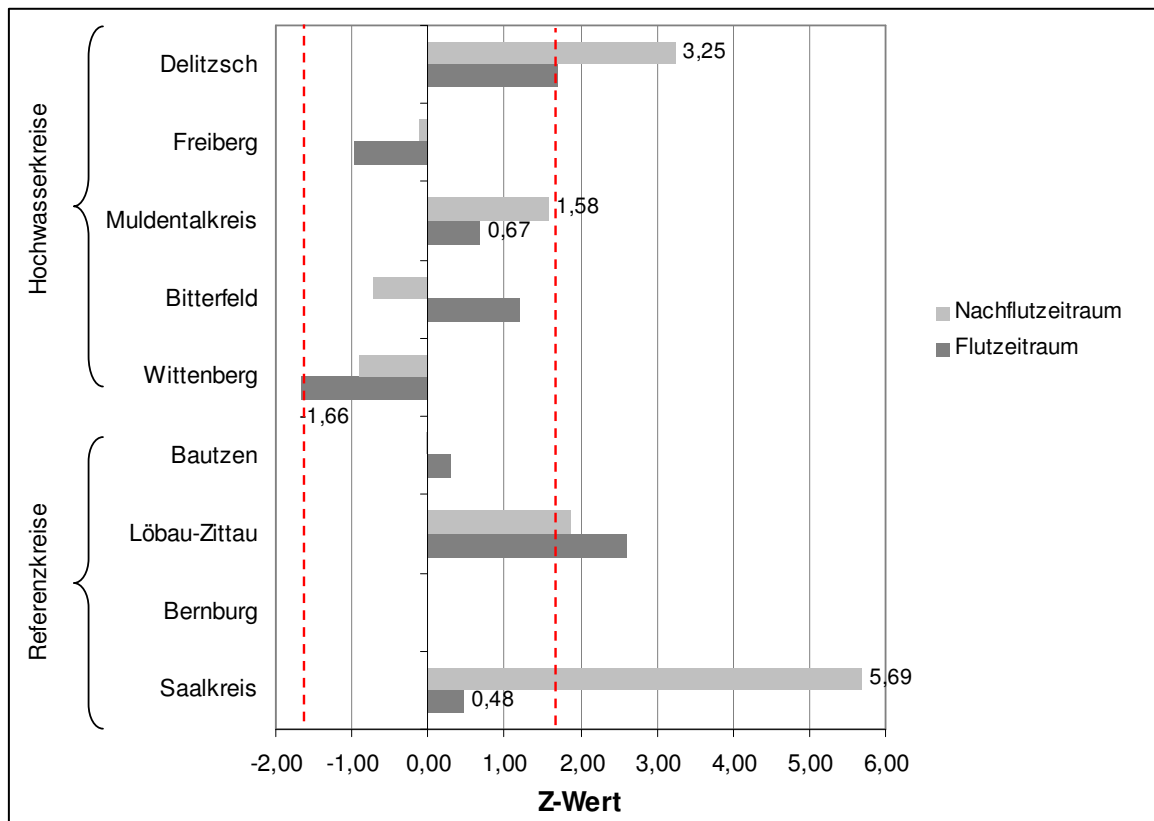


Abbildung 32: Z-Werte der Yersiniosen nach Landkreis und Zeitraum

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

Die rot gestrichelten Linien markieren den Grenzwert von $\pm 1,645$.

Weitere Überschreitungen des Grenzwertes fanden sich bei den Z-Werten der Salmonellen in den Landkreisen Muldentalkreis^(H) und Delitzsch^(H), bei den Yersiniosen im Landkreis Löbau-Zittau^(R) sowie bei den Campylobacteriosen in den Landkreisen Bitterfeld^(H), Wittenberg^(H) und Saalkreis^(R) (vgl. Tabelle 33).

5.2.4 Standardisierte Morbiditätsratios (SMR)

Die SMR wurden für den Flut- und den Nachflutzeitraum berechnet und in Form von Tabellen und Grafiken dargestellt (siehe Tabelle 34 und Tabelle 35 sowie Abbildung 33 bis Abbildung 35). Berechnet wurden sie aus dem Vierwochenwert des Jahres 2002 und dem arithmetischen Mittelwert der Fallzahlen aller Vierwochen-Referenzzeiträume.

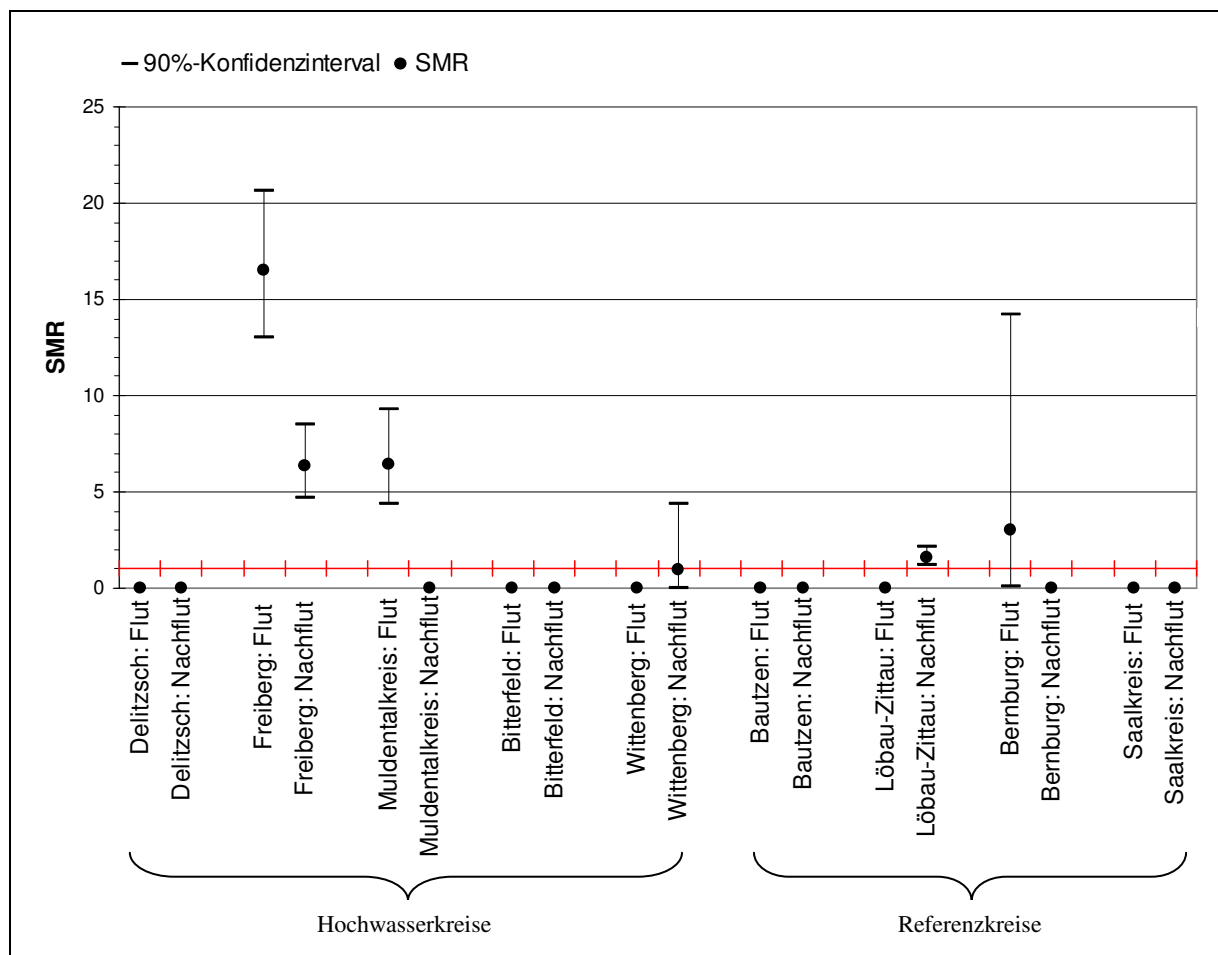


Abbildung 33: SMR der Norovirus-Erkrankungen im Flut- und Nachflutzeitraum nach Kreis und Zeitraum

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

Tabelle 34: SMR der durch Bakterien übertragenen potentiell wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Infektionskrankheiten nach Krankheit, Kreis und Zeitraum

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

Kreis	Zeitraum	SMR (90% Konfidenzintervall)			
		Campylobacteriosen	<i>E. coli</i> -Enteritiden	Salmonellosen	Yersiniosen
Hochwasserkreise					
Delitzsch	Flut	1,08 (0,62-1,75)	1,50 (0,26-4,71)	1,84* (1,28-2,57)	2,18 (0,74-4,99)
	Nachflut	1,70* (1,07-2,58)	2,88* (1,25-5,68)	2,01* (1,38-2,85)	3,27* (1,42-6,46)
Freiberg	Flut	0,79 (0,43-1,34)	0	2,06* (1,52-2,74)	0
	Nachflut	1,48 (0,97-2,17)	0	1,28 (0,83-1,90)	0,86 (0,03-4,05)
Mulden- talkreis	Flut	0,96 (0,61-1,47)	2,09 (0,71-4,77)	1,89* (1,38-2,52)	1,57 (0,42-4,04)
	Nachflut	0,79 (0,44-1,31)	1,85 (0,63-4,22)	1,26 (0,84-1,84)	2,29 (0,78-5,23)
Bitterfeld	Flut	1,89* (1,14-2,95)	0,41 (0,02-1,96)	1,61* (1,09-2,30)	1,89 (0,51-4,89)
	Nachflut	1,31 (0,73-2,16)	1,76 (0,69-3,71)	4,09* (3,17-5,20)	0,55 (0,02-2,58)
Witten- berg	Flut	2,28* (1,54-3,25)	1,00 (0,04-4,73)	1,79* (1,27-2,45)	0
	Nachflut	1,54 (0,91-2,46)	1,50 (0,26-4,71)	10,03* (8,72-11,5)	0,40 (0,02-1,89)
Referenzkreise					
Bautzen	Flut	1,27 (0,87-1,80)	2,00 (0,35-6,28)	1,80* (1,30-2,44)	1,24 (0,34-3,20)
	Nachflut	1,46 (1,00-2,07)	1,50 (0,26-4,71)	1,83* (1,34-2,45)	0,97 (0,26-2,51)
Löbau- Zittau	Flut	1,23 (0,87-1,69)	0	1,12 (0,77-1,57)	2,50 (0,98-5,25)
	Nachflut	1,17 (0,81-1,65)	0,80 (0,03-3,78)	1,20 (0,82-1,68)	2,40 (0,94-5,04)
Bernburg	Flut	0,55 (0,09-1,71)	4,80 (0,83-15,1)	1,23 (0,64-2,14)	3,00 (0,52-9,43)
	Nachflut	0,62 (0,11-1,93)	2,00 (0,08-9,46)	1,78 (1,00-2,95)	3,00 (0,52-9,43)
Saalkreis	Flut	1,62 (0,88-2,75)	1,09 (0,29-2,82)	2,97* (2,05-4,18)	1,33 (0,23-4,19)
	Nachflut	2,36* (1,40-3,76)	0,86 (0,15-2,69)	3,09* (1,99-4,58)	5,60* (2,63-10,5)

* signifikant

Tabelle 35: SMR der durch Parasiten und Viren übertragenen potentiell wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Infektionskrankheiten nach Krankheit, Kreis und Zeitraum

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

Kreis	Zeitraum	SMR (90%-Konfidenzintervall)			
		Giardiasen	Kryptosporidiosen	Norovirus- Erkrankungen	Rotavirus- Erkrankungen
Hochwasserkreise					
Delitzsch	Flut	0	3,43 (0,59-10,8)	0	1,00 (0,17-3,14)
	Nachflut	0	3,00 (0,12-14,2)	0	0,32 (0,01-1,53)
Freiberg	Flut	2,40 (0,09-11,4)	1,00 (0,04-4,73)	16,50* (13,0-20,7)	1,24 (0,34-3,20)
	Nachflut	0	0	6,38* (4,69-8,49)	0,50 (0,09-1,57)
Mulden- talkreis	Flut	0	0	6,46* (4,33-9,30)	0,60 (0,02-2,84)
	Nachflut	1,20 (0,05-5,67)	0	0	1,50 (0,41-3,87)
Bitterfeld	Flut	5,14* (1,39-13,3)	1,09 (0,04-5,16)	0	0
	Nachflut	0	1,00 (0,04-4,73)	0	0
Witten- berg	Flut	0	0	0	0,29 (0,01-1,35)
	Nachflut	4,80 (0,83-15,1)	6,00 (0,24-28,4)	0,92 (0,04-4,36)	0,71 (0,19-1,82)
Referenzkreise					
Bautzen	Flut	0	0	0	1,37 (0,47-3,14)
	Nachflut	2,40 (0,09-11,4)	0	0	4,57* (2,27-8,25)
Löbau- Zittau	Flut	3,00 (0,12-14,2)	0	0	5,05* (2,51-9,11)
	Nachflut	0	0	1,62* (1,21-2,14)	21,91* (16,7-28,3)
Bernburg	Flut	0	2,40 (0,09-11,4)	3,00 (0,12-14,2)	12,00* (2,07-37,7)
	Nachflut	0	0	0	1,71 (0,07-8,11)
Saalkreis	Flut	0	0	0	2,00 (0,08-9,46)
	Nachflut	0	0	0	1,71 (0,07-8,11)

* signifikant

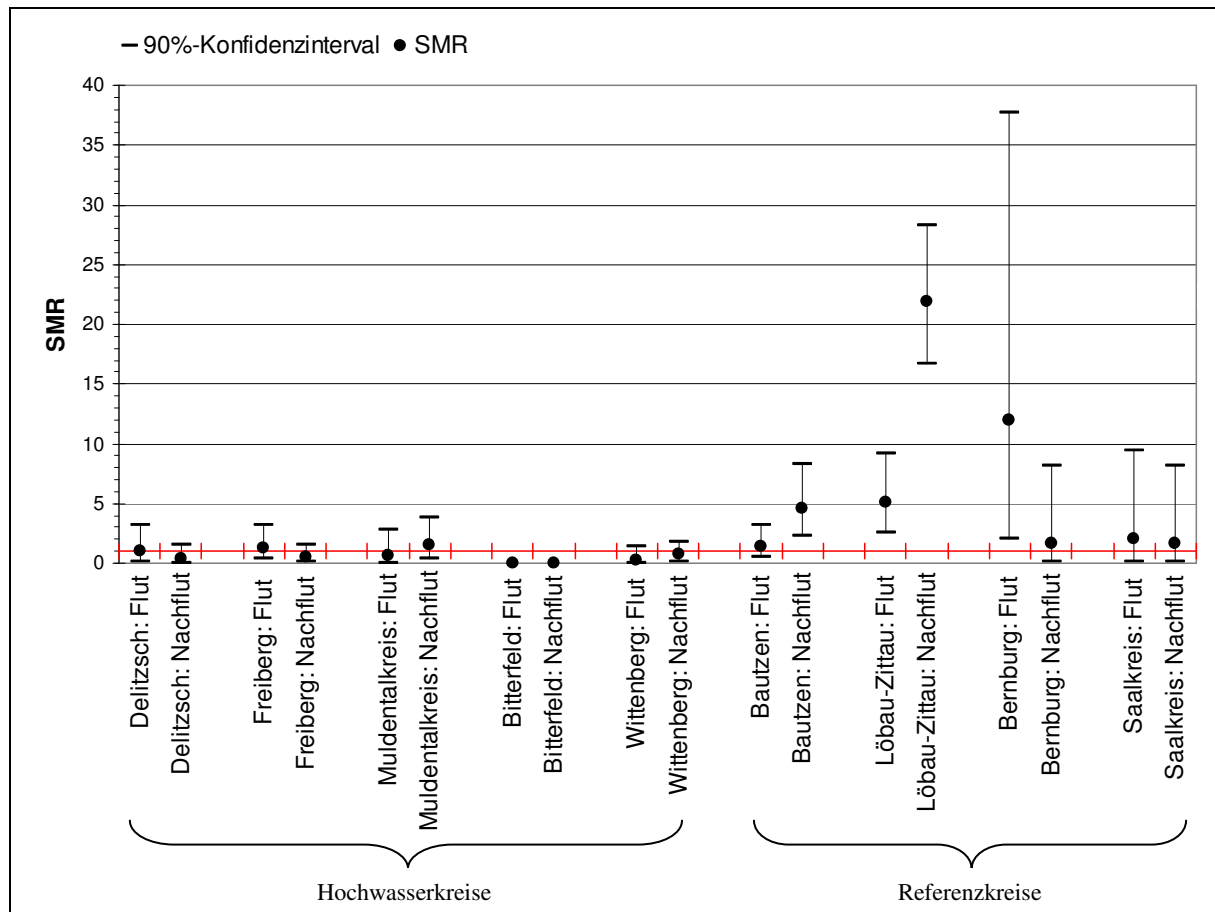


Abbildung 34: SMR der Rotavirus-Erkrankungen im Flut- und Nachflutzeitraum nach Kreis und Zeitraum

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

Ein 90%-Konfidenzintervall oberhalb von 1, das den Wert 1 nicht mit einschließt, zeigt eine auffällige Abweichung nach oben an; ein Konfidenzintervall unterhalb von 1, das ebenfalls den Wert 1 nicht mit einschließt, deutet dagegen auf auffällig niedrige Fallzahlen hin (vgl. Kapitel 4.3.3). Die Höhe des SMR zeigt an, um wie viel Prozent der Wert im Jahr 2002 von den Werten in den Referenzzeiträumen abweicht. Hierzu wird von dem Wert des SMR die Zahl 1 subtrahiert und das Ergebnis wird mit 100 multipliziert. Ein SMR in Höhe von beispielsweise 1,70 zeigt eine 70%-ige Erhöhung des Wertes im Jahr 2002 gegenüber den Referenzjahren an.

Die beiden Übersichtstabellen (Tabelle 34 und Tabelle 35) zeigen, dass während des Flut- und des Nachflutzeitraums eine Vielzahl signifikant erhöhter, aber keine auffällig niedrigen Morbiditätsratios aufgetreten sind. Traten in den Referenzzeiträumen keine Fälle auf, konnten aufgrund der statistischen Formel keine SMR berechnet werden, und der Wert „0“ wird angegeben.

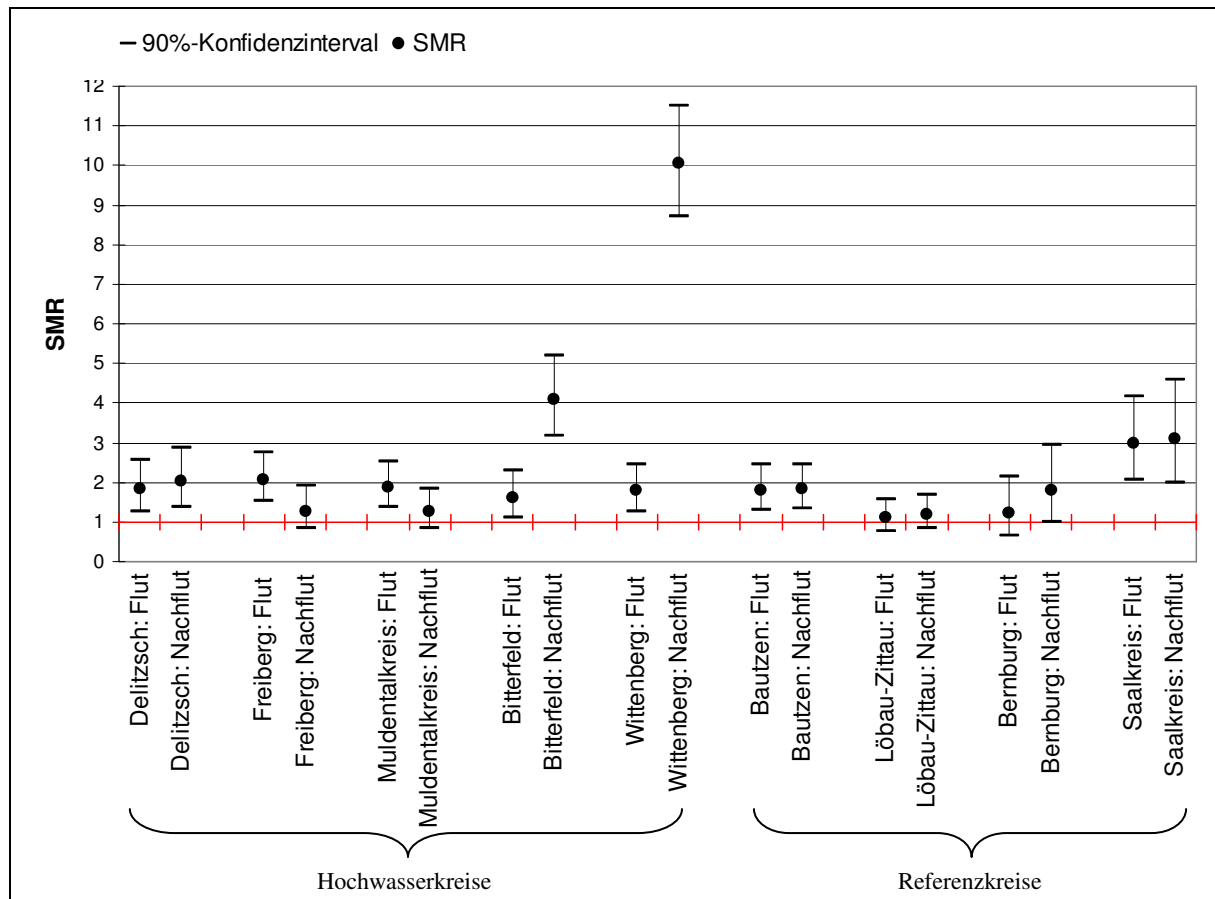


Abbildung 35: SMR der Salmonellosen im Flut- und Nachflutzeitraum nach Kreis und Zeitraum

Datenquelle: RKI 2006b; eigene Darstellung 2009.

Besonders auffällig waren hohe SMR mit engen Konfidenzintervallen in den beiden Hochwasserkreisen Freiberg und Wittenberg sowie im Referenzkreis Löbau-Zittau (siehe Tabelle 34 und Tabelle 35 sowie Abbildung 33 bis Abbildung 35). Im Landkreis Freiberg^(H) erreichten die SMR der Norovirus-Erkrankungen im Flutzeitraum einen Wert in Höhe von 16,50 (KI 13,0-20,7). Im Landkreis Wittenberg^(H) nahmen im Nachflutzeitraum die SMR der Salmonellosen einen Wert in Höhe von 10,0 (KI 8,7-11,5) an, und die Fallzahlen der Rotavirus-Erkrankungen im Landkreis Löbau-Zittau^(R) führten ebenfalls im Nachflutzeitraum zu einem SMR in Höhe von 21,91 (KI 16,7-28,3). Damit spiegelten auch die SMR die bereits in den Säulendiagrammen (Kapitel 5.2.1) sichtbaren ungewöhnlichen Fallzahl-Häufungen der Noro- und Rotavirus-Erkrankungen sowie der Salmonellosen wider.

Weitere Auffälligkeiten der SMR können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Im Landkreis Freiberg^(H) waren die SMR der Norovirus-Erkrankungen – wie auch in den Ergebnissen der Perzentil-Berechnung ersichtlich – nicht nur im Flutzeitraum signifikant erhöht, sondern auch im Nachflutzeitraum. Zudem gab es signifikant hohe SMR der Noro-

- virus-Erkrankungen in den Landkreisen Muldentalkreis^(H) (Flutzeitraum) und Löbau-Zittau^(R) (Nachflutzeitraum) (vgl. Abbildung 33).
- Bei den Rotavirus-Erkrankungen wiesen im Landkreis Löbau-Zittau^(R) signifikante SMR nicht nur auf eine auffällige Häufung im Nachflutzeitraum hin, sondern auch auf eine Häufung bereits im Flutzeitraum (Abbildung 34). Die SMR der Rotavirus-Erkrankungen waren auch in den Landkreisen Bautzen^(R) und Bernburg^(R) signifikant erhöht, wobei das Konfidenzintervall im Landkreis Bernburg^[R] bei einem SMR in Höhe von 12,00 relativ breit ausfiel (KI 2,07-37,7). Dieses Ergebnis ist vergleichbar mit den Ergebnissen der Perzentil-Berechnung. In den Flutkreisen gab es bei den Rotavirus-Erkrankungen dagegen keine signifikant erhöhten oder erniedrigten SMR.
 - Besonders viele signifikant erhöhte SMR fielen bei den Salmonellosen auf (Abbildung 35). In allen Hochwasserkreisen und in fast allen Referenzkreisen (mit Ausnahme des Landkreises Löbau-Zittau) waren die SMR signifikant erhöht. Neben dem bereits erwähnten hohen SMR im Landkreis Wittenberg^(H) fiel das SMR im Landkreis Bitterfeld^(H) im Nachflutzeitraum auf (vgl. auch Ergebnisse der Perzentil-Berechnung und der Z-Standardisierung).
 - Weitere signifikant erhöhte SMR lagen zudem bei den Campylobacteriosen in den Landkreisen Delitzsch^(H), Bitterfeld^(H), Wittenberg^(H) und im Saalkreis^(R) vor. Zudem führten sechs *E. coli*-Enteritiden im Landkreis Delitzsch^(H), drei Giardiasen im Landkreis Bitterfeld^(H) und sechs bzw. sieben Yersiniosen in den Landkreisen Delitzsch^(H) und Saalkreis^(R) zu einem signifikanten SMR (vgl. Tabelle 34 und Tabelle 35).

5.2.5 Zusammenfassung zum Infektionsgeschehen

Um die Ergebnisse bezüglich der Analyse des Infektionsgeschehens besser miteinander vergleichen zu können, sind auffällige Über- oder Unterschreitungen der Fallzahlen im Jahr 2002 gegenüber den Referenzzeiträumen in den Tabelle 36 bis Tabelle 43 dargestellt. Die Tabellen sind untergliedert nach den drei Untersuchungsmethoden Perzentil-Verfahren, Z-Transformation und Berechnung der SMR.

Campylobacteriosen

Es ist festzustellen, dass mit den drei angewandten Methoden (Perzentile, Z-Werte und SMR) nur in zwei Hochwasserkreisen (Landkreise Bitterfeld, 14 Fälle, und Wittenberg, 22 Fälle) und in einem nicht vom Hochwasser betroffenen Landkreis (Landkreis Saalkreis^[R], 13 Fälle)

eine auffällig hohe Campylobacteriose-Fallzahl während des Flutzeitraums im Jahr 2002 gegenüber den Referenzzeiträumen angezeigt wurde. Allerdings war im Landkreis Wittenberg^(H) bereits im Vorflutzeitraum eine unerwartet hohe Fallzahl zu erkennen (Überschreitung des 90%-Perzentsils). In den Landkreisen Delitzsch^(H) und Freiberg^(H) wurden mit der Methode der Perzentil-Berechnung auffällige größere oder kleinere Häufungen von Fallzahlen im Nachflutzeitraum festgestellt, und im Landkreis Delitzsch^(H) waren diese auch bei der Berechnung der SMR signifikant. Der Z-Wert lag jedoch im Landkreis Delitzsch^(H) mit 1,59 leicht unterhalb des Grenzwertes von 1,645. Auch im Landkreis Bautzen^(R) waren Auffälligkeiten während des Flut- und Nachflutzeitraums der Campylobacteriose-Fallzahlen im Jahr 2002 gegenüber den Referenzzeiträumen nur mit der Methode der Perzentil-Berechnung erkennbar.

Tabelle 36: Übersicht über das Campylobacteriose-Infektionsgeschehen

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Landkreis	Perzentile			Z-Werte		SMR	
	Vorflutzeitraum	Flutzeitraum	Nachflutzeitraum	Flutzeitraum	Nachflutzeitraum	Flutzeitraum	Nachflutzeitraum
Hochwasserkreise							
Delitzsch			↑				↑
Freiberg			↑				
Muldentalkreis	↑						
Bitterfeld		↑		↑		↑	
Wittenberg	↑	↑		↑		↑	
Referenzkreise							
Bautzen		↑	↑				
Löbau-Zittau	↑						
Bernburg							
Saalkreis			↑		↑		↑

↑ = höhere Fallzahlen im Untersuchungszeitraum des Jahres 2002 als in den Referenzzeiträumen

↓ = niedrigere Fallzahlen im Untersuchungszeitraum des Jahres 2002 als in den Referenzzeiträumen

– = kein Wert oder kein Konfidenzintervall berechenbar

E. coli-Enteritiden

Mit den Methoden der Perzentil- und der SMR-Berechnung erschienen die sechs Fälle der *E. coli*-Enteritiden im Landkreis Delitzsch^(H) im Nachflutzeitraum auffällig hoch. Hier lagen keine erhöhten Fallzahlen im Vorflutzeitraum vor. Nur mit der Berechnung der Perzentile waren dagegen auffällig hohe Fallzahlen im Flutzeitraum im Landkreis Bernburg^(R) erkennbar (siehe Tabelle 37).

Tabelle 37: Übersicht über das *E. coli*-Enteritis-Infektionsgeschehen

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Landkreis	Perzentile			Z-Werte		SMR	
	Vorflut- zeitraum	Flut- zeitraum	Nachflut- zeitraum	Flut- zeitraum	Nachflut- zeitraum	Flut zeit- raum	Nachflut- zeitraum
Hochwasserkreise							
Delitzsch			↑	–	–		↑
Freiberg				–	–	–	–
Muldentalkreis							
Bitterfeld							
Wittenberg				–	–		
Referenzkreise							
Bautzen							
Löbau-Zittau				–	–	–	
Bernburg		↑		–	–		
Saalkreis							

↑ = höhere Fallzahlen im Untersuchungszeitraum des Jahres 2002 als in den Referenzzeiträumen

↓ = niedrigere Fallzahlen im Untersuchungszeitraum des Jahres 2002 als in den Referenzzeiträumen

– = kein Wert oder kein Konfidenzintervall berechenbar

Giardiasen und Kryptosporidiosen

Ähnlich wie bei den *E. coli*-Enteritiden waren auch bei den Giardiasen nur wenige Auffälligkeiten zu erkennen (vgl. Tabelle 38). Im Landkreis Bitterfeld^(H) zeigten die beiden anwendbaren Methoden der Perzentil- und der SMR-Berechnung während des Flutzeitraums an, dass die Fallzahlen im Jahr 2002 gegenüber den Fallzahlen in den Referenzzeiträumen signifikant erhöht waren. Hintergrund waren drei Fälle in diesem Zeitraum. Die zwei gemeldeten Fälle im Nachflutzeitraum im Landkreis Wittenberg^(H) führten dagegen nur mit der Methode der Perzentil-Berechnung zu einem auffälligen Ergebnis.

Bei den Kryptosporidiosen waren aufgrund von zwei gemeldeten Fällen im Landkreis Delitzsch^(H) und jeweils einem Fall in den Landkreisen Wittenberg^(H) und Saalkreis^(R) mit der Methode der Perzentil-Berechnung Auffälligkeiten erkennbar, nicht jedoch mit der Berechnung der SMR (Tabelle 39). Auffällig blieben somit nur erhöhte Fallzahlen im Vorflutzeitraum.

Tabelle 38: Übersicht über das Giardiasis-Infektionsgeschehen

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Landkreis	Perzentile			SMR	
	Vorflut- zeitraum	Flut- zeitraum	Nachflut- zeitraum	Flut- zeitraum	Nachflut- zeitraum
Hochwasserkreise					
Delitzsch				–	–
Freiberg					–
Muldentalkreis				–	
Bitterfeld		↑		↑	
Wittenberg			↑	–	
Referenzkreise					
Bautzen				–	
Löbau-Zittau					–
Bernburg				–	–
Saalkreis				–	–

↑ = höhere Fallzahlen im Untersuchungszeitraum des Jahres 2002 als in den Referenzzeiträumen

↓ = niedrigere Fallzahlen im Untersuchungszeitraum des Jahres 2002 als in den Referenzzeiträumen

– = kein Wert oder kein Konfidenzintervall berechenbar

Tabelle 39: Übersicht über das Kryptosporidiose-Infektionsgeschehen

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Landkreis	Perzentile			SMR	
	Vorflut- zeitraum	Flut- zeitraum	Nachflut- zeitraum	Flut- zeitraum	Nachflut- zeitraum
Hochwasserkreise					
Delitzsch	↑	↑			
Freiberg					–
Muldentalkreis				–	–
Bitterfeld					
Wittenberg	↑		↑	–	
Referenzkreise					
Bautzen				–	–
Löbau-Zittau				–	–
Bernburg					–
Saalkreis	↑			–	–

↑ = höhere Fallzahlen im Untersuchungszeitraum des Jahres 2002 als in den Referenzzeiträumen

↓ = niedrigere Fallzahlen im Untersuchungszeitraum des Jahres 2002 als in den Referenzzeiträumen

– = kein Wert oder kein Konfidenzintervall berechenbar

Norovirus-Erkrankungen

Im Landkreis Freiberg^(H) wurden mit den beiden für Norovirus-Erkrankungen anwendbaren Methoden der Perzentil-Berechnung und der Berechnung der SMR sowohl im Flut- als auch im Nachflutzeitraum auffällig hohe Fallzahlen im Jahr 2002 (55 bzw. 34 Fälle) gegenüber den Referenzzeiträumen angezeigt. Auch im Landkreis Muldentalkreis^(H) wiesen beide Verfahren im Flutzeitraum auf auffällig hohe Werte hin (21 Fälle) (Tabelle 40).

Tabelle 40: Übersicht über das Norovirus-Infektionsgeschehen

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Landkreis	Perzentile			SMR	
	Vorflut- zeitraum	Flut- zeitraum	Nachflut- zeitraum	Flut- zeitraum	Nachflut- zeitraum
Hochwasserkreise					
Delitzsch	↑			–	–
Freiberg		↑	↑	↑	↑
Muldentalkreis		↑		↑	–
Bitterfeld				–	–
Wittenberg				–	
Referenzkreise					
Bautzen				–	–
Löbau-Zittau	↓	↓		–	↑
Bernburg					–
Saalkreis				–	–

↑ = höhere Fallzahlen im Untersuchungszeitraum des Jahres 2002 als in den Referenzzeiträumen

↓ = niedrigere Fallzahlen im Untersuchungszeitraum des Jahres 2002 als in den Referenzzeiträumen

– = kein Wert oder kein Konfidenzintervall berechenbar

Rotavirus-Erkrankungen

Rotavirus-Erkrankungen wurden in den Hochwasserkreisen während und nach der Flut sehr selten gemeldet. Dies zeigt die Unterschreitung des 10%-Perzentils im Landkreis Wittenberg^(H) im Flutzeitraum an (Tabelle 41).

In einigen der nicht vom Hochwasser betroffenen Kreise wurden Rotavirus-Erkrankungen dagegen auffällig häufig gemeldet. Im Landkreis Löbau-Zittau^[R] wurden die 50 insgesamt im Flut- und Nachflutzeitraum gemeldeten Fälle mit den beiden angewandten Methoden als auffällig hoch angezeigt. Aber auch die acht gemeldeten Fälle im Landkreis Bautzen^(R) und zwei gemeldete Fälle im Landkreis Bernburg^(R) erschienen mit beiden Methoden als auffällig hoch bzw. signifikant.

Tabelle 41: Übersicht über das Rotavirus-Infektionsgeschehen

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Landkreis	Perzentile			SMR	
	Vorflut- zeitraum	Flut- zeitraum	Nachflut- zeitraum	Flut- zeitraum	Nachflut- zeitraum
Hochwasserkreise					
Delitzsch					
Freiberg					
Muldentalkreis					
Bitterfeld	↑			–	–
Wittenberg		↓			
Referenzkreise					
Bautzen			↑		↑
Löbau-Zittau		↑	↑	↑	↑
Bernburg		↑		↑	
Saalkreis	↑				

↑ = höhere Fallzahlen im Untersuchungszeitraum des Jahres 2002 als in den Referenzzeiträumen

↓ = niedrigere Fallzahlen im Untersuchungszeitraum des Jahres 2002 als in den Referenzzeiträumen

– = kein Wert oder kein Konfidenzintervall berechenbar

Salmonellosen

Bei den Salmonellosen gab es im Untersuchungszeitraum im Jahr 2002 im Vergleich zu den Referenzjahren relativ viele auffällige Häufungen der Fallzahlen. Die Salmonellose-Häufungen im Nachflutzeitraum, die in der 39. Kalenderwoche zu 111 gemeldeten Fällen im Landkreis Wittenberg^(H) und in der 40. Kalenderwoche zu 27 Fällen im Landkreis Bitterfeld^(H) führten, wurden mit allen drei Methoden angezeigt. Gehäufte Fallzahlen im Flutzeitraum (Kalenderwochen 33 bis 36) wurden im Landkreis Wittenberg^(H) (insgesamt 28 Fälle) ebenfalls mit allen drei Methoden angezeigt, nicht jedoch die 22 Fälle im Landkreis Bitterfeld^(H). Hier wiesen die Z-Werte keine Grenzwertüberschreitung auf, obwohl das 90%-Perzentil überschritten und das SMR signifikant waren (Tabelle 42).

Auffällige Häufungen im Untersuchungszeitraum 2002 gegenüber den Referenzzeiträumen waren auch im Landkreis Delitzsch^(H) erkennbar. Hier zeigten alle drei Verfahren für den Nachflutzeitraum auffällig hohe Werte gegenüber den Referenzjahren an, und mit der Methode der Perzentile und der SMR waren diese auch im Flutzeitraum erkennbar. Zudem hatten die Landkreise Freiberg^(H) und Muldentalkreis^(H) Häufungen im Flutzeitraum, die mit allen zur Verfügung stehenden Verfahren (das heißt Perzentile und SMR für den Landkreis Frei-

berg^(H)) bestätigt wurden. In den Landkreisen Muldentalkreis^(H), Bautzen^(R) und Löbau-Zittau^(R) waren auffällig hohe Infektionsgeschehen bereits im Vorflutzeitraum erkennbar.

Tabelle 42: Übersicht über das Salmonellose-Infektionsgeschehen

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Landkreis	Perzentile			Z-Werte		SMR	
	Vorflut- zeitraum	Flut- zeitraum	Nachflut- zeitraum	Flut- zeitraum	Nachflut- zeitraum	Flut- zeitraum	Nachflut- zeitraum
Hochwasserkreise							
Delitzsch		↑	↑		↑	↑	↑
Freiberg		↑		–	–	↑	
Mulentalkreis	↑	↑		↑		↑	
Bitterfeld		↑	↑		↑	↑	↑
Wittenberg		↑	↑	↑	↑	↑	↑
Referenzkreise							
Bautzen	↑	↑	↑			↑	↑
Löbau-Zittau	↑						
Bernburg			↑	–	–		↑
Saalkreis		↑	↑	–	–	↑	↑

↑ = höhere Fallzahlen im Untersuchungszeitraum des Jahres 2002 als in den Referenzzeiträumen

↓ = niedrigere Fallzahlen im Untersuchungszeitraum des Jahres 2002 als in den Referenzzeiträumen

– = kein Wert oder kein Konfidenzintervall berechenbar

In den nicht vom Hochwasser betroffenen Kreisen waren in den Landkreisen Bautzen^[R] und Saalkreis^[R] sowohl im Flut- als auch im Nachflutzeitraum ungewöhnliche Häufungen im Jahr 2002 zu erkennen. Allerdings wurden auch hier mit der Methode der Z-Transformation für den Landkreis Bautzen^(R) keine Auffälligkeiten angezeigt.

Hieraus ist erkennbar, dass mit den angewandten Verfahren nicht nur die auffälligen Salmonellose-Häufungen in den Landkreisen Wittenberg^(H) und Bitterfeld^(H) angezeigt wurden, sondern auch mehrere gegenüber den Referenzzeiträumen auffällig hohe Salmonellose-Fallzahlen im Jahr 2002. Zudem ist mit der Methode der Perzentil-Berechnung sichtbar, dass unter anderem im Landkreis Muldentalkreis^(H) bereits im Vorflutzeitraum auffällig viele Fälle gemeldet wurden.

Yersiniosen

Yersiniosen traten gegenüber den Salmonellosen relativ selten auf. Im Landkreis Delitzsch^(H) und im Landkreis Saalkreis^(R) führten sechs respektive sieben Fälle zu auffällig hohen Fallzahlen, die mit allen drei Methoden angezeigt wurden. Vier Fälle im Flutzeitraum im Landkreis Delitzsch^(H) wiesen dagegen mit der Methode der SMR nicht auf eine signifikante Häufung hin, obwohl die Perzentil-Berechnung und die Z-Werte auffällig hohe Fallzahlen indizierten. Auch in den Landkreisen Löbau-Zittau^(R) und Bernburg^(R) gab es Häufungen, die jedoch nicht mit allen drei Methoden als auffällig hoch gegenüber den Fallzahlen der Referenzzeiträume erschienen (Tabelle 43).

Weniger Fallzahlen im Jahr 2002 als in den Referenzzeiträumen wurden mit den beiden Methoden der Perzentil-Berechnung und der Z-Transformation für den Landkreis Wittenberg^(H) im Flutzeitraum angezeigt. Für das SMR war dagegen kein Konfidenzintervall berechenbar.

Tabelle 43: Übersicht über das Yersiniose-Infektionsgeschehen

Quelle: Eigene Darstellung 2009.

Kreis	Perzentile			Z-Werte		SMR	
	Vorflut- zeitraum	Flut- zeitraum	Nachflut- zeitraum	Flut- zeitraum	Nachflut- zeitraum	Flut zeitraum	Nachflut- zeitraum
Hochwasserkreise							
Delitzsch		↑	↑	↑	↑		↑
Freiberg						–	
Muldentalkreis			↑				
Bitterfeld							
Wittenberg		↓		↓		–	
Referenzkreise							
Bautzen							
Löbau-Zittau		↑	↑	↑	↑		
Bernburg		↑	↑	–	–		
Saalkreis	↑		↑		↑		↑

↑ = höhere Fallzahlen im Untersuchungszeitraum des Jahres 2002 als in den Referenzzeiträumen

↓ = niedrigere Fallzahlen im Untersuchungszeitraum des Jahres 2002 als in den Referenzzeiträumen

– = kein Wert oder kein Konfidenzintervall berechenbar

5.2.6 Vergleich der Verfahren

Ein Vergleich der drei Verfahren der Infektionskrankheiten-Surveillance zeigte große Unterschiede. Die Methode der Perzentile konnte, da sie verteilungsunabhängig ist, für alle Erkrankungen und alle Landkreise eingesetzt werden. Mit dieser Methode wurden 31% aller Fallzahlen pro Krankheit, Kreis und Flut- bzw. Nachflutzeitraum im Jahr 2002 als auffällig gegenüber den Fallzahlen in den Referenzjahren eingestuft (mit 41 positiven und drei negativen der 144 möglichen Abweichungen, vgl. Tabelle 36 bis Tabelle 43).

Für die Anwendung der Z-Transformation war dagegen das Vorliegen einer Normalverteilung der Fallzahlen Voraussetzung. Da einige Fallzahlen nicht normalverteilt waren, konnte die Z-Transformation nur für 54 der 144 Möglichkeiten (acht Krankheiten pro neun Kreise und zwei Untersuchungszeiträume) angewandt werden. Auffällige Häufungen gab es bei einem Viertel der berechneten Z-Werte. Lagen in den Referenzjahren keine Meldungen vor, dann konnten mit der Methode der SMR-Berechnung keine Konfidenzintervalle ermittelt werden. Aus diesem Grund lagen für 41 der 144 Berechnungsoptionen keine Angaben zur Signifikanz vor. In 29 der verbleibenden 103 Berechnungen, 28% entsprechend, wurden Häufungen festgestellt.

Ziel der Anwendung der drei Methoden war die Untersuchung der zweiten Fragestellung bzw. der Hypothese. Mit der Fragestellung bzw. der Hypothese sollte analysiert werden, ob es in den Kreisen und kreisfreien Städten Sachsens und Sachsen-Anhalts, in denen im Zuge des Augusthochwassers 2002 die Wasserversorgung stark beeinträchtigt oder ausgefallen war, während oder kurz nach der Flut zu einer signifikanten Erhöhung potentiell wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten kam.

Um dies abzuschätzen, erschien es sinnvoll, die Gefahr für falsch positive Ergebnisse zu reduzieren. Daher wurde die Prämisse aufgestellt, dass Fallhäufungen nur dann als solche gewertet werden, wenn sie mit allen der zur Verfügung stehenden Methoden erkannt wurden. Das bedeutet, dass entweder alle drei Verfahren gleichzeitig die Auffälligkeit anzeigten oder aber, dass z.B. das Perzentil-Verfahren ausreichte, wenn die beiden anderen Verfahren nicht berechnet werden konnten. Auffälligkeiten im Vorflutzeitraum, die nur mit der Methode der Perzentile ermittelt werden konnten, wurden als Hinweis gewertet, dass das Infektionsgeschehen bereits unabhängig von dem Hochwasserereignis auffällig war. Dies wurde für die beiden Hochwasserkreise Muldentalkreis und Wittenberg bei den Salmonellosen bzw. den Campylobacteriosen angenommen. Die auf diese Art und Weise identifizierten Häufungen sind in Tabelle 44 zusammengestellt.

Die Tabelle (Tabelle 44) veranschaulicht, dass es in den vier Hochwasserkreisen Bitterfeld, Wittenberg, Freiberg und Muldentalkreis während des Flut- und Nachflutzeitraums insgesamt fünf größere Fallhäufungen der Norovirus-Erkrankungen und der Salmonellosen gab (6,3% der 80 maximal möglichen Häufungen entsprechend). In den Referenzkreisen war dagegen nur eine größere Häufung der Rotavirus-Erkrankungen im Landkreis Löbau-Zittau zu registrieren (1,6% der 64 maximal möglichen Häufungen entsprechend).

In den Hochwasserkreisen traten zudem sieben (8,8%) und in den Referenzkreisen acht (12,5%) kleinere Fallhäufungen auf, wenn Häufungen im Flutzeitraum unberücksichtigt bleiben, die solchen im Vorflutzeitraum folgen. Diese kleineren Fallhäufungen konzentrierten sich in den Referenzkreisen mit sechs von acht Häufungen auf die Rotavirus-Erkrankungen und die Salmonellosen, während sie in den Hochwasserkreisen für alle Krankheiten bis auf die Kryptosporidiosen, Norovirus- und Rotavirus-Erkrankungen zu erkennen waren.

Insgesamt betrachtet, gab es keinen Kreis und keine Infektionskrankheit, für die in den drei Zeiträumen Vorflut-, Flut- und Nachflutzeitraum keine auffälligen Erhöhungen an Fallzahlen festzustellen waren. Signifikant weniger Fallzahlen im Jahr 2002 als in den Referenzzeiträumen wurden in dem Hochwasserkreis Wittenberg (1,3%) und in dem Referenzkreis Löbau-Zittau (1,6%) identifiziert.

Werden größere und kleinere Fallhäufungen im Flut- und Nachflutzeitraum zusammengefasst, dann gab es in den Hochwasserkreisen insgesamt zwölf auffällige Häufungen und in den Referenzkreisen neun Häufungen. Dies entspricht, unter Berücksichtigung der maximal möglichen Anzahl an Häufungen, 15% in den Hochwasserkreisen und 14% in den Referenzkreisen. Von diesen 21 Häufungen entfielen 15 allein auf die drei durch Noroviren, Rotaviren und Salmonellen übertragenen Krankheiten, die auch durch die größten Fallhäufungen gekennzeichnet sind. Die übrigen sechs Häufungen verteilten sich dagegen auf die Campylobacteriosen und Yersiniosen mit jeweils zwei Häufungen und die *E. coli*-Enteritiden und Giardiasen mit einer Häufung.

Ein Vergleich der Häufungen in den jeweiligen Zeiträumen zeigte, dass während des Vorflutzeitraums in den Hochwasserkreisen sieben (17,5% von 40 möglichen Häufungen) und in den Referenzkreisen sechs auffällige Häufungen vorkamen (18,8% von 32 möglichen Häufungen). Im Flutzeitraum bestand ein etwas größerer Unterschied zwischen den Hochwasser- und den Referenzkreisen. In diesem Zeitraum traten in den Hochwasserkreisen sechs (15%) und in den Referenzkreisen drei auffällige Häufungen auf (9,4% der 32 möglichen Häufungen). Im

Nachflutzeitraum waren es sowohl in den Hochwasserkreisen als auch in den Referenzkreisen sechs auffällige Häufungen, 15% bzw. 18,8% entsprechend.

Während sich in den Hochwasser- und Referenzkreisen die prozentualen Häufungen im Vorflut- und Nachflutzeitraum nicht stark voneinander unterschieden, lag in den Hochwasserkreisen im Flutzeitraum die Anzahl an Häufungen – bezogen auf die Gesamtzahl möglicher Häufungen – höher als in den Referenzkreisen. Da jedoch in den Hochwasserkreisen der prozentuale Anteil an Häufungen im Flutzeitraum vergleichbar war mit dem Anteil der Häufungen im Vorflut- und Nachflutzeitraum, ist davon auszugehen, dass im Flutzeitraum hochwasserbedingt nicht mehr Häufungen registriert wurden als unter normalen Umständen zu erwarten gewesen wären.

Dieser Vergleich zeigt, dass die größten Unterschiede zwischen Hochwasser- und Referenzkreisen bezogen auf größere Fallhäufungen und das Auftreten der Häufungen in den einzelnen Untersuchungszeiträumen bestanden. Alle größeren Fallhäufungen wurden mit dem Perzentil-Verfahren und den SMR angezeigt, während Z-Werte auch zur Identifizierung der Salmonellose-Häufungen anwendbar waren. Die kleineren Fallhäufungen wurden entweder mit allen drei Verfahren erkannt oder aber mit einer Kombination aus Perzentilen/Z-Werten oder Perzentilen/SMR. Diese Fallhäufungen wurden zwar häufiger in den Referenzkreisen registriert, konzentrierten sich hier jedoch vor allem auf die Rotavirus-Erkrankungen und die Salmonellosen, für die im Untersuchungszeitraum auch die größten Fallhäufungen vorlagen.

6 Diskussion

Mit der ersten Fragestellung sollte geklärt werden, welche Auswirkungen das Auguthochwasser 2002 auf die Wasserversorgung in den einzelnen Kreisen und kreisfreien Städten Sachsens und Sachsen-Anhalts hatte. Damit sollte ein Überblick über das Ausmaß der hochwasserbedingten Beeinträchtigungen der Wasserversorgung gewonnen werden, um eine Grundlage für die Bearbeitung der zweiten Fragestellung und der Hypothese zu erhalten, die sich auf das Infektionsgeschehen wasserbürtiger und hygieneabhängiger Infektionskrankheiten bezog.

6.1 Auswirkungen des Auguthochwassers auf die Wasserversorgung

Zur Beantwortung der ersten Fragestellung wurden die Ergebnisse der Gesundheitsämterbefragung zu Problemen mit der Wasserversorgung während des Hochwassers sowie die Quoten bakteriologischer Beanstandungen des Trinkwassers der öffentlichen Versorgung herangezogen.

6.1.1 Diskussion zu den Wasserversorgungsproblemen

Das Auguthochwasser 2002 hatte in insgesamt 18 der 53 Kreise Sachsens und Sachsen-Anhalts Auswirkungen auf die Wasserversorgung, wobei 45% der Kreise Sachsens und 21% der Kreise Sachsen-Anhalts betroffen waren. Von diesen 18 Kreisen war in insgesamt 67% (69% in Sachsen und 60% in Sachsen-Anhalt) der Kreise die Wasserversorgung eingeschränkt, so dass diese mit Verbundsystemen, Schlauchleitungen und mobilen Wasserwerken überbrückt werden musste. Versorgungsausfälle traten in 56% (62% in Sachsen und 40% in Sachsen-Anhalt) und Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität in 50% (38% in Sachsen und 80% in Sachsen-Anhalt) der insgesamt 18 betroffenen Kreise auf.

Dieses Ergebnis lässt den Schluss zu, dass zwar insgesamt eine größere Anzahl an sächsischen Kreisen hochwasserbedingte Beeinträchtigungen der Wasserversorgung aufwies, aber dass Einschränkungen der Versorgung in den hochwasserbeeinträchtigten Kreisen beider Bundesländer prozentual vergleichbar waren. Ausfälle waren dabei häufiger in sächsischen Kreisen und Trinkwasserbeeinträchtigungen betrafen häufiger die Kreise Sachsen-Anhalts.

Dieses Ergebnis zur unterschiedlichen Betroffenheit der Wasserversorgung in den Kreisen Sachsens und Sachsen-Anhalts kann in Beziehung gesetzt werden zu den Unterschieden zwischen der Anzahl an Kreisen und der Länge in Tagen, für die in Sachsen und Sachsen-Anhalt Katastrophenalarm bestand. In Sachsen-Anhalt gab es eine geringere Anzahl an Kreisen mit Katastrophenalarm als in Sachsen (38% in Sachsen-Anhalt versus 76% in Sachsen), auch wenn der Median der Tage mit ausgelöstem Katastrophenalarm in den betroffenen Kreisen Sachsens etwa doppelt so hoch lag wie der in Sachsen (12,5 Tage versus sechs Tage) (vgl. Kapitel 2.7.1).

Erklärt werden können diese Unterschiede zwischen beiden Bundesländern – vermutlich – durch die unterschiedlichen regionalen Auswirkungen der beiden Hochwasserwellen. **Die kurz andauernden und daher zu durchschnittlich eher wenigen Tagen mit Katastrophenalarm führenden Sturzfluten in den Oberläufen der Erzgebirgsflüsse in den südöstlichen Kreisen Sachsens haben immense Schäden an der Wasserversorgungsinfrastruktur sowie an weiteren Infrastruktureinrichtungen wie der Stromversorgung ausgelöst, wodurch eventuell auch die höhere Prozentzahl an Versorgungsausfällen in Sachsen erklärt werden kann.**

Die im Rahmen der zweiten Hochwasserwelle großflächigen und länger andauernden Überschwemmungen in den größeren Flüssen wie Mulde und Elbe führten hingegen zu einem durchschnittlich auch länger andauernden Katastrophenalarm in Sachsen-Anhalt.

Durch die Überschwemmung großer Flächen erhöhte sich – vermutlich – das Potential für die Überschwemmung von Abwasseranlagen und Weideflächen sowie die Wahrscheinlichkeit von mikrobiologischen Einträgen in die Rohwasserressource (Oberflächenwasser sowie auch hochwasserbeeinflusstes Grundwasser). In Verbindung mit einer hochwasserbedingt eingeschränkten Aufbereitung (Wricke et al. 2003) könnte hierdurch der prozentual größere Anteil an Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität in den hochwasserbetroffenen Kreisen Sachsen-Anhalt erklärt werden, in denen ausschließlich Überschwemmungen auftraten.

Die Ratios bakteriologischer Beanstandungen, die nur für Kreise Sachsens verfügbar waren, zeigten in 76% der Hochwasserkreise Sachsens, für die Daten vorlagen, ungewöhnlich häufige Beanstandungen der Parameter *E. coli* (in 69% der Kreise) und Keimzahl bei 37°C (in 6% der Kreise). **Hierdurch wird das Befragungs-Ergebnis zu den Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität untermauert, da auch diese bakteriologischen Parameter auf Fäkalieinträge z.B. aus überfluteten Abwasseranlagen oder Weideflächen in die Rohwas-**

serressource hindeuten, die sich – vermutlich – trotz Aufbereitung auch noch im Trinkwasser nachweisen lassen und die Gefahr für das Vorkommen von Krankheitserregern indizieren.

6.1.2 Beantwortung der ersten Fragestellung zu Wasserversorgungsproblemen

Zusammenfassend kann zur Beantwortung der ersten Fragestellung, die die Auswirkungen des Augusthochwassers 2002 auf die Wasserversorgung in den Kreisen und kreisfreien Städten Sachsens und Sachsen-Anhalts aufzeigen sollte, festgestellt werden, dass es insbesondere in den drei sächsischen Landkreisen Delitzsch^[H], Freiberg^[H] und Muldentalkreis^[H] und den beiden sachsen-anhaltinischen Landkreisen Bitterfeld^[H] und Wittenberg^[H] zu einer starken Betroffenheit der Wasserversorgung mit Versorgungseinschränkungen und -ausfällen sowie zu Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität durch eine Kontamination mit Organismen fäkalen Ursprungs kam.

Damit lagen in mindestens fünf Kreisen Sachsens und Sachsen-Anhalts Verhältnisse vor, die aufzeigen, wie hoch vulnerabel Einrichtungen der Kritischen Infrastruktur Wasserversorgung auch in Deutschland gegenüber einer Naturkatastrophe sein können.

Als Referenzkreise, für die keine Hinweise auf Hochwasser oder hochwasserbedingte Beeinträchtigungen der Wasserversorgung vorlagen, konnten aufgrund von Nachbarschaftskriterien aus 18 möglichen Kreisen die beiden sächsischen Kreise Bautzen^[R] und Löbau-Zittau^[R] sowie die sachsen-anhaltinischen Kreise Bernburg^[R] und Saalkreis^[R] ausgewählt werden.

6.2 Das Infektionsgeschehen während des Augusthochwassers

Die Ergebnisse zur ersten Fragestellung ließen offen, ob durch die Kontamination mit Organismen fäkalen Ursprungs, die durch die mikrobiologischen Parameter *E. coli* und Keimzahl bei 37°C angezeigt wurden, auch Erreger potentiell wasserbürtiger Infektionskrankheiten in das Trinkwasser eingetragen wurden.

Wird vorausgesetzt, dass auf einem der möglichen Eintragspfade⁴⁸ Krankheitserreger in das Wasserversorgungsnetz gelangen konnten, und dass derartige Erreger in Konzentrationen

⁴⁸ Überflutung von Abwasseranlagen und Weideflächen, Schäden am Leitungsnetz, Kontakt zwischen Hochwasser und Grundwasser aufgrund des hochwasserbedingt starken Grundwasseranstiegs sowie eine ineffektivere Aufbereitung aufgrund einer höheren Trübung (vgl. Kapitel 2.7, Bigl et al. 2003, Wricke et al. 2003).

vorlagen, die ausreichen, um in Exponierten Erkrankungen auszulösen, dann stellte sich die Frage, ob aufgrund einer derartigen Kontamination des Trinkwassers in der betroffenen Bevölkerung wasserbürtige Krankheiten aufgetreten sind. Hierbei ist die Möglichkeit der Verhinderung der Verbreitung von Krankheitserregern durch Desinfektions- und Hygienemaßnahmen zu berücksichtigen, deren Mangel insbesondere durch einen Ausfall der Wasserversorgung bedingt wiederum zum Auftreten hygieneabhängiger Infektionskrankheiten hätte führen können.

Die Formulierung der zweiten Fragestellung nach dem Auftreten von wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Infektionskrankheiten unterlag der Annahme, dass, wie bereits in Kapitel 2.2.4 beschrieben, trotz Desinfektionsmaßnahmen wie Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration oder Rohrnetzspülung ein Restrisiko für die Übertragung von Krankheitserregern bestehen bleibt (vgl. Bigl et al. 2003, Exner et al. 2005) und dass Abkochgebote und Hygienehinweise bei Beeinträchtigungen der Versorgung häufig nur von einem Teil der Gesamtbevölkerung eingehalten werden (siehe z.B. Willocks et al. 2000, vgl. Kapitel 2.2.5).

Wird die erforderliche Infektionsdosis erreicht, kann eine Infektion zur Erkrankung führen. Dies gilt in erster Linie für Angehörige vulnerabler Bevölkerungsgruppen⁴⁹. In der vorliegenden Studie wurde die Theorie des Restrisikos unterstützt durch einen Nebenbefund der Gesundheitsämterbefragung: Wie in Bericht 5 beschrieben, traten in einem sachsenanhaltinischen Landkreis trotz einer Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration und einem Abkochgebot vermehrt Harnwegsinfektionen bei Frauen in höherem Lebensalter auf, nachdem das Trinkwasser nach Starkniederschlägen außergewöhnlich hohe mikrobiologische Belastungen aufwies und erst eine Umstrukturierung der Wasserversorgung die Belastungen reduzieren konnte.

Dieses Nebenresultat untermauerte die Grundlagen für die zweite Fragestellung und die Hypothese der vorliegenden Studie. Mit der zweiten Fragestellung sollte geklärt werden, ob in den Kreisen Sachsens und Sachsen-Anhalts, in denen im Zuge des Augusthochwassers 2002 die Wasserversorgung stark beeinträchtigt oder ausgefallen war, Auswirkungen auf das Infektionsgeschehen wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten in der Bevölkerung festzustellen waren. Die Hypothese, die diese Fragestellung spezifizierte, beinhaltete, dass in den Kreisen und kreisfreien Städten Sachsens und Sachsen-Anhalts, in denen im Zuge

⁴⁹ Vor allem Kleinkinder, Personen in höherem Lebensalter, Schwangere und immunsupprimierte Personen (vgl. Kapitel 2.2.5, siehe z.B. Leclerc et al. 2002, Reynolds et al. 2008, Theron & Cloete 2002).

des Auguthochwassers 2002 die Wasserversorgung stark beeinträchtigt bzw. ausgefallen war, während oder kurz nach der Flut eine signifikante Erhöhung potentiell wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten auftrat.

Die Ergebnisse zur zweiten Fragestellung und Hypothese basierten auf

- der Auskunft der Gesundheitsämter nach Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen während und nach dem Hochwasser sowie
- der Analyse des Infektionsgeschehens der potentiell wasserbürtigen Infektionskrankheiten in den fünf Hochwasserkreisen Bitterfeld, Delitzsch, Freiberg, Muldentalkreis und Wittenberg sowie den vier Referenzkreisen Bautzen, Bernburg, Löbau-Zittau und Saalkreis mit Methoden der Infektionskrankheiten-Surveillance (Perzentile 10/90, Z-Transformation, SMR; vgl. Kapitel 4).

6.2.1 Diskussion zum Infektionsgeschehen

Die Ergebnisse der Befragung in den Gesundheitsämtern zeigten nur wenige Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen auf. Während die Befragung einen Leptospirose-Fall mit dem Hochwasser in Verbindung brachte (vgl. Tabelle 24), sind im Jahresbericht 2002 der LUA Sachsen (2003) drei Leptospirosen in Sachsen mit Hochwasserassoziation genannt. Das Auftreten von Durchfallerkrankungen im Landkreis Muldentalkreis^(H) war nach Aussage aus dem Gesundheitsamt nicht hochwasserassoziiert, obwohl dies zunächst vermutet wurde. In einer Presseerklärung des Deutschen Grünen Kreuzes (2002b; vgl. Kapitel 2.7.3) wurden dagegen Durchfallerkrankungen im Zusammenhang mit dem Hochwasser genannt. Demzufolge ist davon auszugehen, dass von Seiten der Gesundheitsämter neben der Leptospirose und eventuell vermehrten Durchfallerkrankungen ohne Hochwasserassoziation keine weiteren Auffälligkeiten registriert wurden.

In den Rohdaten der gemeldeten Fälle potentiell wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten fielen dagegen – gemessen an den gemeldeten Fällen in den Referenzjahren – sowohl im Flut- als auch im Nachflutzeitraum in mehreren Kreisen Krankheitshäufungen auf (vgl. Kapitel 5.2.1). Zu nennen sind vor allem die auffälligen Häufungen von Norovirus-Erkrankungen in den Hochwasserkreisen Freiberg und Muldentalkreis, von Salmonellosen in den Hochwasserkreisen Bitterfeld und Wittenberg sowie eine durch Rotaviren ausgelöste Häufung im Referenzkreis Löbau-Zittau.

Bei der Bearbeitung der Fragestellung und der Hypothese wurden nicht nur die direkt erkennbaren Krankheitshäufungen betrachtet, sondern mit den Methoden der Infektionskrankheiten-Surveillance wurden auch geringe Fallhäufungen als auffällig im Infektionsgeschehen identifiziert. Hintergrund dieses Vorgehens war die Annahme, dass in Industrieländern mit einem gut funktionierenden Gesundheitssystem aufgrund von hochwasserbedingten Problemen der Trinkwasserversorgung zwar häufiger Krankheitsfälle auftreten können, aber dass nicht mit größeren Ausbrüchen zu rechnen ist. Bei den Krankheiten, deren Erreger in der Bevölkerung endemisch sind bzw. die in der Umwelt vorkommen, hätten – der Literatur nach – die Inzidenzraten aufgrund des Hochwassers leicht erhöht sein und oberhalb der normalen Schwankungsbreite liegen können (Tran & Few 2006, Kapitel 2.3.6).

Auch auffällig nach unten abweichende Fallzahlen im Jahr 2002 gegenüber den Referenzjahren wurden bei der Datenanalyse berücksichtigt. Die Ergebnisse zeigten jedoch nur wenige signifikant niedrigere Fallzahlen im Jahr 2002, die sich zudem auf Landkreise beschränkten, in denen andere Erkrankungen gehäuft auftraten. Hierzu gehörten der Landkreis Wittenberg^(H), in dem die Yersiniosen auffällig selten gemeldet wurden, während die Salmonellose-Aktivität sehr hoch lag sowie der Landkreis Löbau-Zittau^(R), der wenige Norovirus-Erkrankungen zu verzeichnen hatte, aber in dem die Rotavirus-Erkrankungen gehäuft auftraten. **Dieser Befund kann somit als Hinweis darauf gewertet werden, dass es – vermutlich – nicht zu einem Underreporting aufgrund des Hochwassers gekommen ist.**

Bei der Auswertung zu berücksichtigen war, dass sich in Deutschland im Jahr 2002 gegenüber den Jahren 2001 und 2003 bis 2005 ein etwas regeres Infektionsgeschehen der Rotavirus-Erkrankungen (Kalenderwochen 29 bis 45), der Yersiniosen (Kalenderwochen 33 bis 40) sowie der Salmonellosen (Kalenderwochen 37 bis 42) abzeichnete (RKI 2006a, vgl. auch Tabelle 28). Dies könnte dazu geführt haben, dass sowohl in Hochwasser- als auch in Referenzkreisen viele auffällig hohe Fallzahlen im Jahr 2002 festzustellen waren.

Rotavirus-Erkrankungen

Die Häufung gemeldeter Rotavirus-Erkrankungen im Referenzkreis Löbau-Zittau spiegelte eine auffällige Rotavirus-Aktivität außerhalb des gewöhnlichen saisonalen Infektionsgeschehens wider. Gehäufte Fallzahlen treten normalerweise zwischen den Kalenderwochen 5 und 20 auf (RKI 2003a). In diesen Kalenderwochen wurden im Jahr 2002 auch im Landkreis Löbau-Zittau^(R) wöchentlich um die 20 Fälle gemeldet. Zusätzlich kam es jedoch auch in den Kalenderwochen 39 bis 40 mit insgesamt 36 Fällen zu der beschriebenen größeren Häufung.

Die Fälle konzentrierten sich auf die Altersgruppe der unter 4-jährigen und betrafen hier hauptsächlich die 1-jährigen Kinder (RKI 2006b), so dass es sich eventuell um eine Fallhäufung in einer Kindertagesstätte gehandelt haben könnte.

In den Referenzkreisen Bautzen und Bernburg lagen die Fallzahlen im Jahr 2002 auch höher als in den Referenzzeiträumen. Die maximale wöchentliche Fallzahl erreichte jedoch nur drei Fälle in Bautzen^[R] und einen Fall in Bernburg^[R]. In den Hochwasserkreisen wurden im Jahr 2002 eher weniger Fälle gemeldet als in den Referenzzeiträumen.

Dass in den Hochwasserkreisen die epidemische Aktivität der Rotaviren während des Augusthochwassers sehr gering war, erscheint jedoch nicht ungewöhnlich. Zum einen reflektiert das Infektionsgeschehen in den Hochwasserkreisen den saisonalen Charakter des Virusauftretens, da die Sommermonate in Deutschland für die Virulenz des Rotavirus eher ungünstige Bedingungen zu bieten scheinen (Leclerc et al. 2002, Theron & Cloete 2002, siehe Kapitel 2.3). Zum anderen wird eine Stuhldiagnostik nur bei schwer verlaufenden Erkrankungen oder bei Erkrankungshäufungen durchgeführt, so dass in den Meldedaten des RKI die im stationären Bereich diagnostizierten Fälle in der Regel überrepräsentiert sind (RKI 2009a; vgl. Kapitel 2.3.4), wodurch Rückschlüsse auf das tatsächliche Krankheitsgeschehen erschwert werden.

Während des Hochwassers wurden zum einen mehrere Kindertagesstätten beschädigt, so dass sie geschlossen werden mussten und Infektionen hierdurch möglicherweise reduziert wurden, und zum anderen wurden viele Bewohner von Alten- und Pflegeeinrichtungen verlegt, wodurch eventuell in den Hochwasserkreisen auch eher weniger Fälle von Rotavirus-Erkrankungen diagnostiziert bzw. gemeldet wurden.

Das Ergebnis einer nur geringen Anzahl an Rotavirus-Erkrankungen in den Hochwasserkreisen ist zudem auch konsistent mit den Angaben in Schwartz et al. (2006), obwohl die Studie die Verhältnisse in einem weniger entwickelten Land widerspiegelt. In dieser Studie zu Durchfallerkrankungen während drei Flutereignissen in Dhaka, Bangladesh, wird berichtet, dass Rotavirus-Erkrankungen zwar zu den am zweithäufigsten identifizierten Durchfallerkrankungen gehörten, aber dass während zwei der drei Flutereignisse in der Gruppe der Exponierten signifikant seltener Rotavirus-Erkrankungen auftraten als in der Kontrollgruppe. Gründe hierfür wurden jedoch nicht genannt.

Aufgrund der oben genannten Ergebnisse kann für das Auftreten von Rotavirus-Erkrankungen während des Augusthochwassers 2002 somit die zweite Fragestellung nach signifikanten trinkwasserassoziierten Krankheitshäufungen negatiert werden.

Norovirus-Erkrankungen

Bei den Norovirus-Erkrankungen zeigte sich in der vorliegenden Studie im Gegensatz zu den Rotavirus-Erkrankungen ein umgekehrtes Bild. In den Referenzkreisen lagen keine auffällig hohen Fallzahlen vor, und die Krankheitsmeldungen lagen im Landkreis Löbau-Zittau^(R) während des Flutzeitraums sogar unter den für diesen Zeitraum zu erwartenden Werten. In den Hochwasserkreisen Freiberg und Muldentalkreis hingegen gab es Häufungen gemeldeter Norovirus-Erkrankungen, die im Flut- bzw. im Flut- und Nachflutzeitraum auftraten.

Ähnlich wie bei den Rotavirus-Erkrankungen, lag auch bei den Norovirus-Erkrankungen das Maximum an Erkrankungen nicht im Sommerhalbjahr, so dass die gemeldeten Erkrankungszahlen während des Untersuchungszeitraums im Verhältnis zu den in der Hauptübertragungszeit wöchentlich gemeldeten Fällen verhältnismäßig niedrig waren. Erst ab etwa der 40. Kalenderwoche 2002, dem Beginn des spätherbst-/winterlichen Maximums gemeldeter Fälle, war ein sprunghafter Anstieg an Norovirus-Erkrankungen festzustellen. Zurückzuführen war dies auf einen neuen Virusstamm, der ab dem IV. Quartal 2002 zu einer höheren Anzahl an Norovirus-Erkrankungen in Deutschland, sowie auch in den Niederlanden, England und Wales geführt hat (vgl. Koch 2004, siehe auch LUA Sachsen 2003, Pond et al. 2004, RKI 2006a). Hinweise auf wasserbürtige Ausbrüche fehlten jedoch (Pond et al. 2004).

Für die im Rahmen der vorliegenden Studie beschriebenen Häufungen gemeldeter Norovirus-Erkrankungen ergaben Nachfragen in den betroffenen Gesundheitsämtern, dass sich zwei der drei gemeldeten Fallhäufungen auf Einrichtungen bezogen. Bei der Norovirusepidemie im Landkreis Muldentalkreis^(H) in der 34. Kalenderwoche 2002 handelte es sich um einen Ausbruch in einer Schule.⁵⁰ Während für die Häufung der Norovirus-Erkrankungen im Landkreis Freiberg^(H) in der 39. Kalenderwoche keine Hintergrundinformationen vorlagen, handelte es sich in der 35. Kalenderwoche um einen Ausbruch, der 39 ausschließlich laborseitig bestätigte bzw. klinisch-epidemiologisch abgesicherte Norovirus-Erkrankungen in einem Seniorenpflegeheim umfasste, bei dem sowohl Bewohner als auch Personal betroffen waren.⁵¹

Diese Angaben bestätigte eine Datenabfrage unter SurvStat@RKI der Fallzahlen in der 34. und 35. bzw. auch der 39. Kalenderwoche 2002 in den beiden Landkreisen gruppiert nach Altersklassen. Im Landkreis Muldentalkreis^(H) waren hauptsächlich 10- bis 14-jährige Kinder betroffen. Im Landkreis Freiberg^(H) konzentrierten sich die Fälle vorwiegend auf die über 70-jährigen, so dass hier für die beiden Infektionsgeschehen im Flut- und Nachflutzeitraum ent-

⁵⁰ Auskunft aus dem Gesundheitsamt des Landkreises Muldentalkreis^(H) vom 02.09.2008.

⁵¹ Auskunft aus dem Gesundheitsamt des Landkreises Freiberg^(H) vom 19.09.2008.

weder von zwei ähnlichen Häufungen oder einem zusammenhängenden Infektionsgeschehen mit einer zweiten Infektionswelle ausgegangen werden kann (RKI 2006b).

Um die Möglichkeit einer wasserbürtigen Ursache der Häufungen abschätzen zu können, wurden die Wasserversorgungsstrukturen in den Landkreisen Freiberg^(H) und Muldentalkreis^(H) miteinander verglichen (vgl. hierzu auch Nachweise wasserbürtiger Norovirus-Epidemien in Tabelle 7). Hintergrund ist die Annahme, dass eine wasserbürtige Norovirus-Häufung vermutlich zunächst in einer Einrichtung auffallen würde.

Teile der Landkreise Freiberg^(H) und Muldentalkreis^(H) werden zusammen mit Gemeinden der Landkreise Mittweida und Mittlerer Erzgebirgskreis von einem selben Wasserversorger mit Trinkwasser versorgt, und bei diesem Wasserversorger lagen auch Schäden durch das Hochwasser 2002 vor (SMUL & LfUG 2002). Zudem lagen die Fallhäufungen der Norovirus-Erkrankungen zeitnah beieinander (Kalenderwochen 34 und 35). Ob jedoch ein Zusammenhang zwischen der Wasserversorgung und dem Auftreten der Ausbrüche in den beiden Landkreisen bestand, bleibt ungeklärt, da keine Informationen darüber vorliegen, ob sich die Infektionsgeschehen im Versorgungsgebiet dieses einen Wasserversorgers abgespielt haben, und falls ja, ob im Trinkwasser dieses Versorgers Noroviren enthalten waren.

Da es in einem Beitrag des Epidemiologischen Bulletins des RKI über eine Häufung von Norovirus-Erkrankungen im Landkreis Torgau-Oschatz (Sachsen) als Folge verunreinigten Trinkwassers im Jahr 2003 (RKI 2004b, S. 301) lautete „Es war die erste diagnostizierte über Trinkwasser ausgelöste Häufung von Norovirus-Erkrankungen seit Beginn der Labordiagnostik und epidemiologischen Auswertung von Norovirus-Erkrankungen an der LUA Sachsen und sehr wahrscheinlich auch in Deutschland insgesamt.“, ist davon auszugehen, dass, selbst wenn in den Landkreisen Freiberg^(H) und Muldentalkreis^(H) im Zuge des Hochwasserereignisses 2002 eine wasserbürtige Infektionsquelle für die Norovirus-Ausbrüche in den Einrichtungen bestanden haben sollte, diese – allem Anschein nach – in epidemiologischen Abklärungen nicht als solche erkannt oder bestätigt worden ist (vgl. Maunula et al. 2005, Parshionikar et al. 2003, Taylor et al. 1981)⁵².

Daher kann für die Ausbrüche der Norovirus-Erkrankungen ein Zusammenhang mit Trinkwasserkontaminationen durch das Augusthochwasser weder bestätigt noch ausgeschlossen werden.

⁵² Nachweis von Noroviren sowohl im Trinkwasser als auch in Humanmaterial; siehe z.B. Maunula et al. 2005 oder Risebro et al. 2005.

Bei der Norovirusepidemie in den USA mit etwa 1000 Erkrankten im Zuge des Wirbelsturms Katrina im Jahr 2005 fehlte ein Hinweis auf einen wasserbürtigen Auslöser. Watson et al. (2007) gruppierten diese Epidemie zwar als wasserbürtig ein, das CDC (2006a), vgl. Kapitel 2.3.5) wies jedoch ausdrücklich darauf hin, dass es sich um keine wasser- oder vektorbürtige Erkrankung gehandelt habe und die Erkrankungen eher auf mangelnde Hygienemöglichkeiten in Massenunterkünften zurückzuführen waren, womit sie in die Gruppe der hygieneabhängigen Infektionskrankheiten einzuordnen wären.

Da es sich bei den beiden Norovirus-Erkrankungsgeschehen in den Landkreisen Muldentalkreis^[H] und Freiberg^[H] jedoch um Einrichtungen wie Schulen und Altenheime und nicht um Notunterkünfte handelte bzw. anzunehmen ist, dass die Schule im Falle einer ausgefallenen Wasserversorgung geschlossen und das Altenheim vermutlich evakuiert worden wäre, ist davon auszugehen, dass es sich nicht um hygieneabhängige Infektionskrankheiten aufgrund von Wassermangel gehandelt hat.

Salmonellosen

Bei den Salmonellosen traten größere Fallhäufungen in den Landkreisen Wittenberg^[H] (höchste Anzahl gemeldeter Fälle im Untersuchungszeitraum in den Kreisen der vorliegenden Studie) und Bitterfeld^[H] sowie kleinere Häufungen in allen anderen Landkreisen auf. Es stellte sich die Frage, ob zwischen den jeweils zeitnah und in räumlicher Nähe aufgetretenen ungewöhnlich größeren Fallhäufungen in Sachsen (Maxima um die 34. Kalenderwoche) bzw. in Sachsen-Anhalt (um die 39./40. Kalenderwoche) ein ursächlicher trinkwasserbezogener Zusammenhang bestand.

Ursachen für die zwar nur geringen, aber gegenüber den Fallzahlen in den Referenzzeiträumen auffällig erhöhten Fallzahlen in den sächsischen Landkreisen sind nicht bekannt. Da aber in den beiden Landkreisen Delitzsch^(H) und Freiberg^(H) ähnlich wie im Landkreis Muldentalkreis^(H) das Maximum an Fallzahlen zu Beginn des Flutzeitraumes lag und im Landkreis Muldentalkreis^(H) bereits im Vorflutzeitraum erhöhte Fallzahlen vorlagen, ist davon auszugehen, dass es sich in den ausgewählten sächsischen Landkreisen um ein zusammenhängendes, aber von dem Hochwasser unabhängiges Krankheitsgeschehen gehandelt hat. Zudem gibt es keinen Wasserversorger, der die beiden Landkreise Delitzsch^(H) und Freiberg^(H) gemeinsam mit Trinkwasser versorgt (SMUL & LfUG 2002).

Über die Entwicklung der Salmonellose-Fallzahlen im Jahr 2002 im Landkreis Wittenberg^[H] war im Gesundheitsrahmenbericht dieses Landkreises (Landkreis Wittenberg 2006, S. 117) zu

lesen, dass „die hohe Anzahl der Erkrankungen im Jahr 2002 durch ein umfangreiches Krankheitsgeschehen mit vielen Erregernachweisen im Landkreis“ bedingt war. Als Ursache wurde angegeben, dass ein Essensanbieter Kindertagesstätten und Schulen versorgt und mit seiner Mittagsverpflegung eine große Anzahl von Kindern infiziert hatte (zur Problematik des Nachweises siehe auch Untersuchung eines *Salmonella enteritidis*-Ausbruches in Kindertagesstätten in Sachsen-Anhalt im Jahr 2007 (RKI 2007c).

Da die Salmonellose-Häufung im Landkreis Wittenberg^[H] mit 111 gemeldeten Fällen in der 39. Kalenderwoche die einzige große Häufung im Landkreis Wittenberg^[H] im Jahr 2002 war (vgl. RKI 2006b), gehörte sie – vermutlich – zu dem im Gesundheitsrahmenbericht des Landkreises Wittenberg^[H] dargestellten Krankheitsgeschehen. Dafür spräche auch die epidemische Kurve der wöchentlich verfügbaren Fallzahlen, die auf eine Explosivepidemie mit schnell eliminiertes Punktquelle hindeutet (vgl. Abbildung 22, siehe z.B. Ammon 2000, Suttorp et al. 2004). Durch diese Kurve kann auch eine hygieneabhängige Übertragung aufgrund von Wassermangel ausgeschlossen werden, von der im Rahmen einer Kontaktepidemie hauptsächlich Einzelpersonen vermutlich über einen längeren Zeitraum betroffen gewesen wären (Suttorp et al. 2004, vgl. Kapitel 2.3.6).

Zur Ursache der Salmonellose-Häufung waren von Seiten des Gesundheitsamtes des Landkreises Wittenberg^[H] keine näheren Informationen verfügbar⁵³, aber eine Datenabfrage der Fallzahlen gruppiert nach Altersklassen zeigte in der 39. Kalenderwoche 2002 eine ausgeprägte Häufung bei Kindern zwischen einem Jahr und neun Jahren, sowie eine zweite Häufung bei Erwachsenen zwischen 25 und 59 Jahren (RKI 2006b). Diese Altersstruktur würde mit einem Infektionsgeschehen in Kindergärten und Schulen übereinstimmen, bei dem neben Kindern auch Erzieher bzw. Lehrer von Infektionserkrankungen betroffen sind.

Obwohl im Landkreis Wittenberg^[H] von einer lebensmittelbürtigen Infektionsquelle auszugehen ist, kann ein Zusammenhang mit vom Hochwasser beeinflussten Trinkwasser nicht generell ausgeschlossen werden, auch wenn in der Literatur nur selten über hochwasserbedingte Funde von Salmonellen im Trinkwasser bzw. über wasserbürtige Salmonellose-Häufungen nach Katastrophenereignissen berichtet wurde (vgl. Kapitel 2.3.5). Zum einen wurden im Zuge der Hamburger Sturmflut im Jahr 1962 *Salmonella*-Spezies im Trinkwasser nachgewiesen (vgl. Carlson 2002), und im Zusammenhang mit dem Wirbelsturm Katrina trat eine höhere Anzahl an Salmonellose-Fällen auf (CDC 2005b). Zum anderen ist bei einer Kontamination des Trinkwassers die Vermehrung von Bakterien in einem Medium wie z.B. in leicht verderb-

⁵³ Eine Auskunft zur Häufung von Salmonellen im Jahr 2002 konnte aus dem Gesundheitsamt des Landkreises Wittenberg nicht erteilt werden (10.10.2008).

lichem Essen möglich (vgl. Carlson 2002). So beschreibt z.B. die in Kapitel 2.3.5 bereits genannte Studie von Lim et al. (2005) einen *Salmonella enteritidis*-Ausbruch in einer Schule in Korea, bei dem aufgrund einer undichten Stelle in der Wasserleitung Salmonellen ins Trinkwasser und darüber in das Schulessen gelangten, so dass ein Viertel der befragten Schüler erkrankte (vgl. auch Parshionikar et al. 2003, Taylor et al. 1981).

Auch im Landkreis Bitterfeld^[H] war die Häufung von Salmonellosen bereits in den Rohdaten ersichtlich. Zu dieser Häufung waren keine Literaturhinweise verfügbar. Von Seiten des Gesundheitsamtes des Landkreises Bitterfeld^[H] wurde ein Hochwasserzusammenhang als möglich erachtet, da aufgrund des Hochwassers aus zeitlichen und personellen Gründen keine epidemiologische Abklärung der Fallhäufung erfolgte.⁵⁴ Die epidemische Kurve der wöchentlichen Fallzahlen wies hier, ähnlich wie im Landkreis Wittenberg^[H], ebenfalls auf eine Punktquelle als Auslöser einer Explosivepidemie hin (vgl. Abbildung 23). Das Maximum gemeldeter Fallzahlen war in der 40. Kalenderwoche in der Altersklasse der 10- bis 14-jährigen Kinder erkennbar, und eine zweite Häufung trat in der Gruppe der 40- bis 49-jährigen auf (RKI 2006b). Damit waren, gemessen an der Gesamtzahl der Betroffenen, im Landkreis Bitterfeld^[H] mehr ältere Kinder und Erwachsene von den Salmonellosen betroffen als im Landkreis Wittenberg^[H].

Werden die Fallzahlen in Bezug zur Altersstruktur der Bevölkerung in den Landkreisen Bitterfeld^[H] und Wittenberg^[H] gesetzt, dann zeigt ein Vergleich ein umgekehrtes Verhältnis. Die altersspezifischen Inzidenzraten im Landkreis Bitterfeld^[H] lagen zwar wesentlich niedriger als im Landkreis Wittenberg^[H] (Maximum von 223,5 Fällen/100.000 Einwohner bei den 1-jährigen im Landkreis Bitterfeld^[H] versus Maximum von 1.621 Fällen/100.000 Einwohner bei den 3-jährigen im Landkreis Wittenberg^[H]), aber in beiden Landkreisen waren hauptsächlich die 1- bis 4-jährigen Kinder betroffen. Im Landkreis Wittenberg^[H] waren jedoch, anders als im Landkreis Bitterfeld^[H], zudem die 5- bis 9-jährigen Kinder stark betroffen. Insgesamt war die Altersstruktur der Erkrankten im Landkreis Bitterfeld^[H] für die anderen Altersgruppen vergleichbar mit der im Landkreis Wittenberg^[H], jedoch auf einem niedrigeren Niveau.

Der Vergleich der absoluten Salmonellose-Fallzahlen pro Altersgruppe bzw. der altersspezifischen Inzidenzraten zeigte, dass die hauptsächlich betroffenen Altersgruppen in den Landkreisen Bitterfeld^[H] und Wittenberg^[H] ähnlich (Kinder), aber nicht gleich waren. Eine ähnliche Exposition wie z.B. über einen kreisgrenzenübergreifenden Essensanbieter, der Schulen und Kindertagesstätten versorgt (vgl. S. 177), kann somit nicht ausgeschlossen werden.

⁵⁴ Auskunft aus dem Gesundheitsamt des Landkreises Bitterfeld^[H] vom 10.10.2008.

Um einschätzen zu können, ob ein Zusammenhang der beiden sachsen-anhaltinischen Salmonellose-Epidemien mit Problemen mit der Wasserversorgung bestanden haben könnte, wurden die Auskünfte aus den Gesundheitsämtern zur Hochwasserbetroffenheit der Wasserversorgungen verglichen. Vom Gesundheitsamt des Landkreises Wittenberg^[H] wurde nur eine geringe Anzahl der zahlreichen Wasserversorger⁵⁵ angegeben, in denen Probleme mit der Versorgung auftraten (Landkreis Wittenberg 2006).

Von einem dieser Versorger waren Grenzwertüberschreitungen hinsichtlich der Trinkwasserqualität bekannt. Das Versorgungsgebiet dieses Versorgers ist jedoch nur auf einen Gebietsteil im Landkreis Wittenberg^[H] beschränkt, und auch aus dem Landkreis Bitterfeld^[H] wurden Beeinträchtigungen der Wasserversorgung nur von einem Versorger angegeben. Zudem werden in den beiden Landkreisen Bitterfeld^[H] und Wittenberg^[H] zwar Gebietsteile von denselben Wasserversorgungsunternehmen versorgt, von denen ein Wasserwerk überflutet, bzw. direkt zu Beginn des Hochwassers vom Versorgungsnetz getrennt wurde. Aber die Versorgung der Bevölkerung konnte in diesem Versorgungsgebiet durch andere Wasserwerke aus nicht überfluteten Gebieten aufrechterhalten werden, und Grenzwertüberschreitungen wurden nicht angegeben.

Aufgrund dieser Angaben und Erläuterungen wird davon ausgegangen, dass der Ursprung der Salmonellosen in den sachsen-anhaltinischen Hochwasserkreisen – vermutlich – einerseits nicht auf eine gemeinsame Trinkwasserversorgung und andererseits auch nicht auf Hygienedefizite aufgrund von Wassermangel zurückzuführen ist. Ein andersartiger Zusammenhang mit Trinkwasser, wie z. B. der Eintrag von Krankheitserregern über den Trinkwasserpfad in Kombination mit einer Verbreitung über Lebensmittel, bleibt dagegen offen.

Campylobacteriosen, E. coli-Enteritiden, Giardiasen, Kryptosporidiosen und Yersiniosen

Kleinere, aber signifikante Krankheitshäufungen wurden für die Campylobacteriosen, *E. coli*-Enteritiden, Giardiasen und Yersiniosen festgestellt. Für die im Nachflutzeitraum erhöhten *E.*

⁵⁵ „Die Stadtwerke Wittenberg GmbH bezieht das Trinkwasser von der Trinkwasserversorgung Magdeburg (TWM)... Die Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz beliefert den Trinkwasserverband (TWV) „Heiderand“ Meuro, TWV „Buchholzbehälter“ Gräfenhainichen, KEM Möhlau und WAES Söllichau mit Mischwasser aus den Wasserwerken Sachau, Pretzsch, Torgau und Kossa. Der TWV „Heiderand“ Meuro betreibt zusätzlich noch ein Wasserwerk in Bad Schmiedeberg. Der TWV „Kemberg – Pratau“ versorgt seine Einwohner über das Wasserwerk Pratau. Die Versorgung des Nordkreises mit Trinkwasser wird durch die MIDEWA abgesichert. Dafür stehen die Wasserwerke in Zahna, Berkau und Klebitz zur Verfügung. Der Wasser- und Abwasserzweckverband (WAZV) „Elbe-Elster-Jessen“ versorgt mit den Wasserwerken in Jessen, Groß Naundorf und Mark Zwuschen die Bevölkerung. Vier Gemeinden des Versorgungsgebietes erhalten das Trinkwasser aus dem Wasserwerk Stolzenhain (LK Elbe-Elster)“ (Landkreis Wittenberg 2006, S. 133).

coli-Enteritis- und Yersiniose-Fallzahlen im Landkreis Delitzsch^(H), sowie für die im Landkreis Bitterfeld^(H) im Flutzeitraum gegenüber den Referenzzeiträumen ungewöhnlich häufig gemeldeten Campylobacteriosen und Giardiasen war daher zu klären, ob sie möglicherweise durch hochwasserbedingte Probleme der Wasserversorgung ausgelöst wurden.

Obwohl Campylobacteriosen, wie Salmonellosen, ihr Maximum in den Sommermonaten erreichen und zu den häufig auftretenden Infektionskrankheiten gehören, waren in der vorliegenden Studie während des gesamten Untersuchungszeitraums keine größeren Häufungen der Campylobacteriosen erkennbar, sondern es zeigten sich nur kleinere Erkrankungshäufungen (wöchentliches Maximum bei zwölf Fällen), die gegenüber den Referenzzeiträumen auffielen. Wie in Kapitel 2.3.5 beschrieben, war zwar während des Hochwassers das Risiko für die Übertragung von *Campylobacter spp.* über mikrobiologisch zu beanstandendes Trinkwasser gegeben, aber eine Erkennung wasserbürtiger Campylobacteriosen ist schwierig.

Da sowohl in einem Hochwasser- als auch in einem Referenzkreis auffällige Campylobacteriose-Häufungen vorkamen, lässt dies den Schluss zu, dass die Auswirkungen des Hochwassers auf die Wasserversorgung im Untersuchungsraum keinen nachweisbaren Einfluss auf das Campylobacteriose-Erkrankungsgeschehen hatten.

Obwohl in Deutschland insgesamt und so auch in Sachsen und Sachsen-Anhalt im Jahr 2002 zwischen den Kalenderwochen 33 und 40 mehr Yersiniosen gemeldet wurden als in den Jahren 2001 und 2003 bis 2005 (RKI 2006a, vgl. auch Tabelle 28), war die Anzahl der in den einzelnen Hochwasser- und Referenzkreisen maximal gemeldeten Fälle pro Woche mit vier bzw. sieben Fällen relativ niedrig. Die auffällig hohen Fallzahlen betrafen sowohl einen Hochwasserkreis (Landkreis Delitzsch) als auch einen Referenzkreis (Landkreis Saalkreis).

Die insgesamt vergleichsweise niedrigen Yersiniose-Fallzahlen sind auf eine Untererfassung zurückzuführen, da laut RKI (2003a) nicht alle durch *Yersinia enterocolitica* übertragenen Erkrankungen als solche erkannt und gemeldet werden. Auffällig niedrige Yersiniose-Fallzahlen wies der Landkreis Wittenberg^(H) auf, da anders als in den Referenzzeiträumen zwischen der 33. und 39. Kalenderwoche 2002 keine Yersiniosen gemeldet wurden.

Da sich in der Literatur nur wenige Hinweise auf durch Yersinien ausgelöste wasserbürtige Erkrankungen finden (vgl. Kapitel 2.3.5) und zudem sowohl ein Hochwasser- als auch ein Referenzkreis auffällige Häufungen aufwiesen, wird davon ausgegangen, dass die kleinere Yersiniose-Häufung im Landkreis Delitzsch^(H) vermutlich nicht aufgrund hochwasserassoziierter Probleme mit der Wasserversorgung aufgetreten ist.

Bei den *E. coli*-Enteritiden gab es nur eine auffällige kleinere Häufung im Hochwasserkreis Delitzsch, die auf sechs Erkrankungsfälle während des Nachflutzeitraumes zurückzuführen war. **Da nur selten auf *E. coli*-Pathovaren untersucht wird (vgl. Kapitel 2.3.5), und das Hochwasser vermutlich keinen Einfluss auf die Untersuchungshäufigkeit der *E. coli*-Enteritiden ausgeübt hat, dürfte ein Zusammenhang mit dem Hochwasser nicht bestanden haben.**

Bis auf die parasitären Erkrankungen waren alle in dieser Studie untersuchten Krankheiten bereits vor der Einführung des neuen IfSG meldepflichtig, wenn auch zum Teil nur aufgrund von Ländervorschriften (vgl. z.B. Oppermann et al. 2005) oder unter dem Überbegriff „*Enteritis infectiosa* – übrige Formen“ (RKI 2004a). Neuer Bestandteil des IfSG war im Jahr 2001 dagegen die zusätzliche Meldepflicht für Giardiasen und Kryptosporidien (RKI 2002b, vgl. Kapitel 2.4.4). Für die vorliegende Studie ist dies von hoher Bedeutung, weil Kryptosporidien und Giardien aufgrund ihrer hohen Desinfektionsmittelresistenz auch in aufbereitetem Trinkwasser vorkommen können (vgl. Kapitel 2.3.5).

Im Untersuchungsgebiet der vorliegenden Studie traten während des Untersuchungszeitraums in allen Jahren wöchentlich nur sehr wenige Parasitosen auf, obwohl das saisonale Maximum der Kryptosporidien im Sommer liegt, während Giardiasen gleichmäßig über das Jahr verteilt auftreten (vgl. Tabelle 8). Bereits drei Giardiasis-Fälle im Landkreis Bitterfeld^(H) fielen gegenüber den Referenzzeiträumen als auffällig hoch auf. Bei den Kryptosporidien genügte ein Fall bzw. zwei Fälle, die in den Landkreisen Delitzsch^(H), Wittenberg^(H) und Saalkreis^(R) auffällige Erhöhungen der Fallzahlen im Vorflutzeitraum anzeigten.

Die geringe Anzahl gemeldeter Giardiasen und Kryptosporidien überrascht, da gerade durch das Hochwasserereignis (überschwemmte Weideflächen, Abwasseranlagen etc.) und Probleme mit der Aufbereitung ein höheres Potential für das Vorkommen von Parasiten im Trinkwasser und somit für das Auftreten parasitärer Erkrankungen in der Bevölkerung gegeben war. Auch ein gehäuftes Auftreten von Parasitosen aufgrund von hochwasserbedingt reduzierten Hygienestandards wäre denkbar gewesen, da über den direkten Kontakt als Übertragungsweg neben den Shigellosen vor allem die Kryptosporidien und Giardien übertragen werden (vgl. Kapitel 2.3.2).

Vermutlich ist dieses Ergebnis auf eine insgesamt sehr geringe Erfassungsquote parasitärer Erkrankungen zurückzuführen. Im Jahr 2002 wurden in Sachsen – verglichen mit den bakteri-

ellen Infektionen (36%) und den durch Viren ausgelösten Erkrankungen (63%) – nur 1% parasitäre Erreger als Krankheitsursache angegeben (LUA Sachsen 2003).

Zwar haben sich die Nachweismethoden zur Erkennung von Giardien seit der Einführung der Meldepflicht dahingehend geändert, dass die Durchführung eines Antigennachweises gegenüber mikroskopischen Verfahren stark zugenommen hat (RKI 2007a). Dennoch ist die Erkennung einer Giardiasis nach wie vor schwierig, da neben ausgeprägten Krankheitsverläufen auch asymptomatische Verläufe auftreten. Zudem kann die Diagnose erschwert sein, wenn keine Zysten ausgeschieden werden. Eine Untererfassung ist somit möglich (RKI 2003a).

Auch bei den Kryptosporidiosen ist mit einer Untererfassung zu rechnen. Eine Untererfassung bestätigen sowohl eine Studie im Jahr 2001 in Sachsen, bei der aktiv auf Kryptosporidien untersucht und diese häufiger nachgewiesen wurden als in Vergleichsjahren (LUA Sachsen 2003)⁵⁶ als auch die Studie von Dreesman et al. (2007). In dieser letztgenannten Studie (Dreesman et al. 2007) wurde in Niedersachsen eine regional auffällig hohe Inzidenzrate von Kryptosporidiosen epidemiologisch abgeklärt. Ergebnis war, dass in einem Labor bei Stuhluntersuchungen grundsätzlich auch die Diagnostik auf Kryptosporidien durchgeführt wurde, wodurch sich die Inzidenzrate in den betroffenen Landkreisen etwa versiebenfachte⁵⁷.

Da im Untersuchungszeitraum nur wenige Parasitosen gemeldet wurden und somit bereits geringe Fallzahlen als auffällig hoch angezeigt wurden, ist – auch aufgrund von hochwasserverstärkten Diagnose- und Erfassungsproblemen – ein Zusammenhang mit einer hochwasserbeeinflussten Wasserversorgung nicht feststellbar.

6.2.2 Beantwortung der zweiten Fragestellung und der Hypothese zum Infektionsgeschehen

Die zweite Fragestellung untersuchte die Auswirkungen einer stark beeinträchtigten oder ausgefallenen Wasserversorgung auf das Infektionsgeschehen in der Bevölkerung. Hier zeigte sich, dass es während des Untersuchungszeitraums in vier der fünf Hochwasserkreise fünf und damit 6,3% größere Fallhäufungen der wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Infektionskrankheiten gab (drei Häufungen von Norovirus-Erkrankungen und zwei Häufungen von

⁵⁶ Bei einem Vergleich der im Beobachtungszeitraum gemeldeten Fälle im Jahr 2001 mit denen in den Jahren 2002 bis 2005 fielen keine nennenswerten Unterschiede auf, die einen Einfluss auf die Ergebnisse gehabt haben könnten (siehe z.B. Abbildung 17).

⁵⁷ Durchschnittliche jährliche Inzidenzrate zwischen 2001 und 2005 in Deutschland: 1,5 Erkrankungen/100.000 Einwohner, in Niedersachsen: 1,9 Erkrankungen/100.000 Einwohner und in mehreren Landkreisen Niedersachsens aufgrund der genannten Laboruntersuchungen: > 10 Erkrankungen/100.000 Einwohner (Dreesman et al. 2007).

Salmonellosen). In den Referenzkreisen trat gleichzeitig nur eine größere Fallhäufung auf (verursacht durch Rotaviren), 1,6% der maximal möglichen Häufungen entsprechend.

Eine etwas größere Anzahl kleiner Fallhäufungen (acht Häufungen – 12,5%) als in den Hochwasserkreisen wurde in den Referenzkreisen registriert (sieben Häufungen – 8,8%). Diese konzentrierten sich hier vor allem auf die Rotavirus-Erkrankungen und die Salmonellosen, für die im Untersuchungszeitraum neben den Norovirus-Erkrankungen auch die größten Fallhäufungen vorlagen.

Aufgrund dieses Ergebnisses ist die Hypothese, dass in den Kreisen und kreisfreien Städten Sachsens und Sachsen-Anhalts, in denen im Zuge des Auguthochwassers 2002 die Wasserversorgung stark beeinträchtigt bzw. ausgefallen war, während oder kurz nach der Flut eine signifikante Erhöhung potentiell wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten auftrat, nicht abzulehnen.

In diesem Kontext muss jedoch erwähnt werden, dass Nachforschungen in den Gesundheitsämtern und Literaturrecherchen zum Auftreten der größeren Fallhäufungen ergaben, dass es sich bei zwei der drei Norovirus-Ausbrüche um Infektionsgeschehen in Gruppeneinrichtungen handelte und die Ursache einer der beiden Salmonellose-Häufungen – vermutlich – lebensmittelbürtig war (vgl. auch Kapitel 6.2.1).

Für diese Ausbrüche und Häufungen blieb unklar, ob hochwasserbedingte Trinkwasserkontaminationen einen auslösenden Faktor darstellten, da nicht bekannt ist, ob bei den epidemiologischen Abklärungen der Fallhäufungen – sofern durchgeführt – Zusammenhänge mit hochwasserbedingten Beeinträchtigungen der Wasserversorgung untersucht wurden. Ein Vergleich der epidemischen Kurven und der Alters- sowie der Wasserversorgungsstrukturen der von größeren Fallhäufungen betroffenen Hochwasserkreise führte in der vorliegenden Studie jedoch nicht zu klaren Hinweisen darauf, dass ein Zusammenhang zwischen dem Infektionsgeschehen und hochwasserbedingten Problemen der Wasserversorgung bestanden hat. Ein solcher Zusammenhang kann jedoch auch nicht widerlegt werden.

Für Infektionskrankheiten, in denen nur kleinere Fallhäufungen erkennbar waren, zeigten sich keine Indizien für einen Hochwasserzusammenhang, da die Erkrankungsgeschehen in den Hochwasser- und den Referenzkreisen bezogen auf wöchentlich gemeldete Fallzahlen und Anzahl an Häufungen relativ vergleichbar waren.

Obwohl in den Hochwasserkreisen während des Flut- und des Nachflutzeitraums eine signifikante Erhöhung potentiell wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten festzustellen war, kann – mit den zur Verfügung stehenden Daten – das

Infektionsgeschehen in der Bevölkerung nicht zwangsläufig auf hochwasserbedingte Trinkwasserkontaminationen zurückgeführt werden. Unklar bleibt, ob und welche anderen Infektionswege zur Auslösung der Infektionserkrankungen beigetragen haben könnten.

6.3 Einordnung der Studie in den Forschungsstand

Wie in Kapitel 3 aufgezeigt, zielten die Fragestellungen und die Hypothese der vorliegenden Studie zur Klärung offener Forschungsfragen bezüglich der Auswirkungen von Hochwasser auf die (Zer-)Störung von Wasserversorgungseinrichtungen sowie damit zusammenhängenden möglichen Folgen für das Infektionsgeschehen in der Bevölkerung. Dass zum Augusthochwasser 2002 bisher nur in wenigen Studien und offiziellen Publikationen eine Verbindung zwischen Problemen mit der Wasserversorgung und der Gesundheit bzw. konkret dem Infektionsgeschehen hergestellt wurde, war bereits Gegenstand des Kapitels 2.7. Ausnahme waren die beiden oben genannten Studien von Bigl et al. (2003) und Schnitzler et al. (2007), die Gesundheitsauswirkungen des Augusthochwassers untersuchten, aber die beide den Aspekt der Hochwasserbetroffenheit der öffentlichen Wasserversorgung nicht mit in die statistischen Analysen einbezogen.

6.3.1 Einordnung der Ergebnisse zu Wasserversorgungsproblemen

Die Ergebnisse zur Beantwortung der ersten Fragestellung waren vergleichbar mit den Ergebnissen der Studie von Wricke et al. (2003), in denen die Schäden und Erfahrungen in den Wasserversorgungsunternehmen während des Augusthochwassers 2002 detailliert und umfangreich dokumentiert sind (vgl. Kapitel 2.7.2). So stimmten die Ergebnisse der Befragung der Gesundheitsämter und der Ratios bakteriologischer Beanstandungen der vorliegenden Studie überein mit den in Wricke et al. (2003) beschriebenen Versorgungsausfällen und -einschränkungen, der Nutzung von Verbundleitungen sowie Trinkwasserkontaminationen und dem Einsatz von zusätzlichen Desinfektionsmaßnahmen. Zum Teil wurden die Mitteilungen aus den Gesundheitsämtern ergänzt um Hinweise aus der Literatur. Für den Landkreis Meißen wurden z.B. Informationen zu Ausfällen der Versorgung und der Nutzung von Wasserwagen zu den Untersuchungsergebnissen hinzugefügt (von Kirchbach et al. 2003).

Neu in der vorliegenden Studie war der Gewinn *raumbezogener* Informationen über Versorgungsausfälle und -einschränkungen sowie über Grenzwertüberschreitungen der Trinkwasser-

qualität aufgrund bakteriologischer Kontaminationen. Die Ergebnisse zur Beantwortung der ersten Fragestellung ermöglichten hierdurch – anders als z.B. die Studien von Wricke (2004) sowie Wricke et al. (2003) – eine Charakterisierung der Kreise des Untersuchungsraums nach dem Grad der Hochwasserbetroffenheit der Wasserversorgung. Zwar wurde in Bigl et al. (2003) verunreinigtes Trinkwasser als Gefahrenquelle für Infektionen während des Augusthochwassers genannt, aber die Autoren wählten die für ihre Datenanalyse herangezogenen Kreise nach dem Kriterium der generellen Hochwasserbetroffenheit aus und gingen nicht weiter auf Wasserversorgungsprobleme ein.

Der Gewinn der konkreten raumbezogenen Informationen in der vorliegenden Studie ging jedoch zulasten detaillierter Beschreibungen der Versorgungsausfälle und -einschränkungen, wie sie bereits in Wricke et al. (2003) zu finden sind. Ein Beispiel für derartige Detailinformationen ist, dass ein Großteil der Versorgungsausfälle aufgrund von Ausfällen der EMSR-Technik auftrat, weil z.B. technische Geräte in den Kellerräumen der Versorgungsunternehmen oder an Orten untergebracht waren, die geflutet wurden (vgl. Bericht 3).

Ein Vergleich der Studienergebnisse der vorliegenden Studie mit Aussagen über die Vulnerabilität der Kritischen Infrastruktur Wasserversorgung während des Augusthochwassers 2002 im Nachbarland Österreich (Bericht 4, vgl. z.B. Habersack & Moser 2003, Perfler et al. 2006, siehe auch Kapitel 2.5.6 zu Trinkwasserkontaminationen in Oberösterreich während des Hochwassers in Mitteleuropa) sowie während der Überschwemmungen in Großbritannien 2007 und während des Wirbelsturms Katrina in den USA 2005 (Bericht 1 und Bericht 2, CDC 2006a und b, Pitt 2008, Severn Trend Water o. J.) zeigte Gemeinsamkeiten und Unterschiede auf.

Auch in Österreich traten verursacht durch das Augusthochwasser 2002 Schäden in den Wasserversorgungsunternehmen sowie am Leitungsnetz und Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität auf. Hierdurch wurden – wie auch in der vorliegenden Studie festgestellt – Erhöhungen der Desinfektionsmittelkonzentration, Abkochgebote, Notversorgungen, die Nutzung von Alternativversorgungen, die Verteilung abgepackten Wassers und die Nutzung von Wasserwagen notwendig. Ähnlich wie Wricke et al. (2003) den Ausfall der EMSR-Technik für einen Großteil der Versorgungsausfälle verantwortlich zeichneten, beschrieben auch Habersack & Moser (2003) für Österreich Stromausfälle und Ausfälle des Telekommunikationsnetzes als Ursache des Ausfalls der automatischen Steuerung und somit der Wasserversorgung. Diese Angaben konnten in der vorliegenden Studie nicht weiter spezifiziert werden, aber sie dienen

als Hintergrundinformation für Ursachen und Funktionsausfälle und können so in Zukunft zur Reduzierung der Vulnerabilität der Kritischen Infrastruktur Wasserversorgung beitragen.

Die Auswirkungen des Wirbelsturms Katrina in den USA 2005 sowie der Überschwemmungen in Großbritannien 2007 zeigten ebenfalls die Vulnerabilität der Kritischen Infrastruktur Wasserversorgung gegenüber Naturkatastrophen in hoch entwickelten Ländern auf. Auch hier kam es – vergleichbar mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie – zu Versorgungsausfällen, der Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration und der Aussprache von Abkochgeboten.

6.3.2 Einordnung der Ergebnisse zum Infektionsgeschehen

Bezogen auf die zweite Fragestellung bzw. Hypothese zu Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen in Kreisen mit hochwasserbetreffender Wasserversorgung zeigte ein Vergleich der Ergebnisse der vorliegenden Studie mit denen ähnlicher Studien Gemeinsamkeiten und Unterschiede auf. Die wichtigsten Studien in diesem Zusammenhang waren die bereits genannten Studien von Bigl et al. (2003) und Schnitzler et al. (2007), die auf Regierungsbezirksebene die Inzidenzen der Erreger infektiöser Enteritis analysierten bzw. die basierend auf Telefoninterviews das Risiko für das Auftreten von Durchfällen und anderen Gesundheitsprobleme im Zuge der Flut abschätzten (vgl. Kapitel 2.7.3).

Bigl et al. (2003) führten einen Großteil der Enteritis-Inzidenz im III. Quartal des Jahres 2002, die höher lag als die in den Vergleichsjahren, auf das häufigere Auftreten von Norovirus-Erkrankungen zurück. Ein intensives Infektionsgeschehen der Norovirus-Erkrankungen wurde in der vorliegenden Studie zeitgleich übereinstimmend⁵⁸ in den Landkreisen Freiberg^(H) und Muldentalkreis^(H) beobachtet.

Nachforschungen zur Ursache der Häufungen ergaben in der vorliegenden Studie den Hinweis auf Infektionsgeschehen in Gruppeneinrichtungen (vgl. Kapitel 6.2.1), während Bigl et al. (2003) die erhöhten Inzidenzraten mit diagnostischen Fortschritten erklärten. Bigl et al. (2003) ordneten die hohen Inzidenzraten in das 2002 in Sachsen beobachtete sehr aktive Norovirus-Erkrankungsgeschehen ein (vgl. Bigl et al. 2003). Wie in Kapitel 6.2.1 bereits erwähnt, wurde etwa ab dem IV. Quartal 2002 (der 40. Kalenderwoche entsprechend) ein länderübergreifender sprunghafter Anstieg der gemeldeten Norovirus-Erkrankungen aufgrund eines neuen Virusstamms beschrieben (Koch 2004), der eventuell bereits für die relativ hohen

⁵⁸ Der Landkreis Muldentalkreis^(H) gehört zum Regierungsbezirk Leipzig und der Landkreis Freiberg^(H) zum Regierungsbezirk Chemnitz, den Bigl et al. (2003) nicht in ihre Untersuchungen eingeschlossen haben.

Inzidenzraten in den Kalenderwochen 34 bis 36 bzw. 39 verantwortlich war. Wasserbürtige Ursachen wurden hierfür jedoch nicht angenommen.

Bezogen auf andere Erreger der *Enteritis infectiosa* wurden zwischen den betrachteten Zeiträumen (2002 versus dem Vorjahreswert und dem arithmetischen Mittelwert des 3-Jahresdurchschnittes der vorangegangenen Jahre) von Bigl et al. (2003) keine auffälligen Unterschiede festgestellt. In der vorliegenden Studie zeichnete sich während des Untersuchungszeitraums dagegen eine intensive Salmonellose-Aktivität ab, die jedoch vorwiegend die sachsen-anhaltinischen Landkreise betraf, und somit nicht in den Berechnungen der Studie von Bigl et al. (2003) erfasst wurde, da diese nur auf Sachsen bezogen war. Auch die gehäuften Rotavirus-Erkrankungen im Landkreis Löbau-Zittau, der als Referenzkreis fungierte, konnten in der Studie von Bigl et al. (2003) nicht festgestellt werden, da Löbau-Zittau^[R] nicht zum Untersuchungsgebiet gehörte.

In der Studie von Schnitzler et al. (2007), in der die Nutzung von privaten Hausbrunnen, weibliches Geschlecht sowie der Hautkontakt mit Flutwasser als signifikante Risikofaktoren für Durchfallerkrankungen identifiziert werden konnten, lagen keine Angaben über die Qualität des Brunnenwassers sowie des Trinkwassers der öffentlichen Versorgung vor. Ein Vergleich der Ergebnisse von Schnitzler et al. (2007) mit denen der vorliegenden Studie wird dadurch erschwert, dass nicht alle Kreisbewohner gegenüber demselben Trinkwasser exponiert waren, da Kreisgebiete in der Regel nicht mit Wasserversorgungsgebieten identisch sind (vgl. z.B. auch Fußnote 55).

Trotz dieser Einschränkung (private Hausbrunnen versus öffentliche Wasserversorgung) geben die Ergebnisse der Studie von Schnitzler et al. (2007) wichtige Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen Hochwasser, privater Wasserversorgung und Gesundheitseffekten. Die Public Health-Relevanz der vorliegenden Studie wird gestärkt durch das Ergebnis von Schnitzler et al. (2007), dass 25,8% der Befragten mit Durchfallerkrankungen medizinischer Hilfe bedurften.

Dieses Ergebnis ist in zweierlei Hinsicht relevant. Zum einen bestätigt es, dass auch während eines Katastrophenereignisses nur ein Teil erkrankter Personen medizinische Hilfe benötigt bzw. in Anspruch nimmt (vgl. Kapitel 2.3.1, RKI 2009a, Bigl et al. 2003, de Wit 2000). Zum anderen reflektiert es die Folgen von Durchfallerkrankungen für das Gesundheitssystem und die Gesellschaft. Arzthonorare, Laborkosten und Kosten für Medikamente stehen hierbei in der Regel Abwesenheitszeiten von Schule und Arbeit gegenüber (vgl. de Wit 2000). Ebenfalls hierzu zählen gesundheitliche Folgen für vulnerable Bevölkerungsgruppen, in denen Kompl-

kationen gehäuft auftreten, sowie Spätschäden, die vor allem Infektionen mit Krankheitserregern wie *Campylobacter spp.*, EHEC, Giardien, Kryptosporidien, Shigellen und Yersinien folgen können (vgl. Tabelle 6, siehe auch Garg et al. 2006, Richards 2005).

Auch wenn in der vorliegenden Studie die Hypothese bezogen auf eine signifikante Erhöhung potentiell wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten nicht abzulehnen war, gab es in den Hochwasserkreisen keine klaren Indizien für einen Zusammenhang mit hochwasserbedingten Problemen der öffentlichen Wasserversorgung. Aufgrund dessen und unter Berücksichtigung der Studienergebnisse von Bigl et al. (2003) und von Schnitzler et al. (2007) ist das Auguthochwasser 2002 in eine Reihe von Flutereignissen in Industrieländern einzuordnen, nach denen es – abgesehen von mehreren Gastroenteritis-Fällen bei Nutzern privater Hausbrunnen (Schnitzler et al. 2007) – keine Ausbrüche bzw. signifikant erhöhten Fälle von Infektionskrankheiten aufgrund von Beeinträchtigungen der Wasserversorgung gab (vgl. auch Kapitel 2.5.6 und Kapitel 2.6):

- Springflut in Nîmes im Jahr 1988 (Duclos et al. 1991),
- Hochwasser in Missouri 1993 (CDC 1993a),
- Hochwasser in Ost-Norwegen 1995 (Aavitsland et al. 1996) und
- Überschwemmungen in Großbritannien in den Jahren 2002 und 2007 (Kirch et al. 2005, Pitt 2008).

Den Ergebnissen der vorliegenden Studie folgend, steht das Auguthochwasser 2002 somit den Hochwasserereignissen gegenüber, in denen eine größere Anzahl an Infektionserkrankungen mit hochwasserbedingten Vorkommnissen in der Wasserversorgung in einen Zusammenhang gebracht wurden (vgl. auch Kapitel 2.5.6 und Kapitel 2.6):

- Hochwasser in Iowa 1993 (Meier et al. 1998, konträr dazu CDC 1993b),
- Hochwasserereignisse in Finnland in den Jahren 1998 und 1999 (Hunter 2003, Miettinen et al. 2001),
- Hochwasser des Mississippi 2001 (Wade et al. 2004) und
- Hochwasser in Mitteleuropa im Juni und Juli 2009 (Österreichisches Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Bundesministerium für Gesundheit und Frauen, Umweltbundesamt 2009, Die Presse 2009a und b).

Die Studienergebnisse lassen auch den Schluss zu, dass während des Auguthochwassers 2002 – anders als während der Überschwemmungen nach dem Wirbelsturm Katrina in den

USA im Jahr 2005 aufgrund von mangelnden Hygienemöglichkeiten in Massenunterkünften – keine auffällig hohe Anzahl an hygieneabhängigen Erkrankungen aufgetreten ist, obwohl in den Hochwasserkreisen Ausfälle der Wasserversorgung vorlagen.⁵⁹

6.4 Methodendiskussion

Die Ergebnisse der hochwasserbedingten Wasserversorgungsprobleme und des Infektionsgeschehens sind abhängig vom Studiendesign und den verwendeten Analyseverfahren. Die Auswahl der Methoden erfolgte dabei auch unter den Gesichtspunkten der Datenqualität, der Machbarkeit der Methodenanwendung und des Zwecks der Studie.

6.4.1 Methodendiskussion zur Untersuchung der Wasserversorgungsprobleme

Zur Beantwortung der ersten Fragestellung wurden Ergebnisse der Befragung der Gesundheitsämter sowie Ratios bakteriologischer Beanstandungen herangezogen. Es zeigte sich, dass die Befragungsergebnisse sehr heterogen waren, da die Detailliertheit der Antworten vor allem vom verfügbaren zeitlichen Aufwand der Befragten in den Gesundheitsämtern und von der Dokumentation der Geschehnisse während des Hochwasserereignisses abhängig war. Bei zeitlichen Angaben und bei Angaben zur exponierten Bevölkerung handelte es sich in der Regel um Schätzwerte, wie ein Abgleich mit Angaben in der Literatur bestätigte (vgl. Fußnote 39). Dennoch reichten die Ergebnisse der Befragung aus, um nach einer Verknüpfung der Ergebnisse mit den Ratios bakteriologischer Beanstandungen sowie mit Literaturhinweisen eine flächendeckende Einschätzung zur Hochwasserbetroffenheit der Wasserversorgungen in den einzelnen Kreisen Sachsens und Sachsen-Anhalts vornehmen zu können.

Die Befragung einer anderen Zielgruppe, wie z.B. von Wasserversorgungsunternehmen, oder eine andere Befragungsmethode, wie z.B. die Delphi-Methode, bei der es sich um ein qualitatives Informationsgewinnungsverfahren auf der Basis von Expertenbefragungen handelt, hätte – eventuell – in der Summe zu keinem größeren Erkenntnisgewinn bezüglich raumbezogener Informationen zur Hochwasserbetroffenheit der Wasserversorgung geführt.

Auch wenn Angaben zu bakteriologischen Beanstandungen nur für die Kreise Sachsens verfügbar waren, hatte die Berechnung der Beanstandungs-Ratios das Ziel, die Ergebnisse der

⁵⁹ In der vorliegenden Studie lag der Fokus auf der Kritischen Infrastruktur Wasserversorgung, so dass keine für die Hochwasserkreise spezifischen Aussagen zu Auswirkungen von Massenunterkünften auf das Infektionsgeschehen in diesen Kreisen getroffen werden können.

Befragung hinsichtlich bakteriologischer Kontaminationen des Trinkwassers mit konkreten Beprobungsergebnissen zu untermauern. Zum Vergleich der Angaben wurden aus den in den verschiedenen Jahren entnommenen und beanstandeten Proben zunächst Beanstandungsquoten und aus diesen Quoten dann Ratios berechnet. Der festgelegte Grenzwert eines Ratios größer als zwei erlaubte die Einschätzung einer starken Abweichung positiver Befunde im Hochwasserjahr gegenüber den Referenzjahren. Die Nutzung dieses Verfahrens erwies sich als sinnvoll, um relativ einfach Beanstandungsquoten miteinander zu vergleichen.

Ein Vergleich der Beanstandungsquoten über die Jahre in Form von Ratios war in der vorliegenden Studie als unproblematisch anzusehen, da hier, anders als in dem Bericht des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt 2008, Abweichungen gegenüber dem Jahr 2002 und nicht gegenüber späteren Jahren mit verbesserter Diagnostik im Interessensfokus standen.

Die gewählten Methoden zur Bearbeitung der ersten Fragestellung waren den obigen Ausführungen folgend geeignet, eine Klassifizierung der einzelnen Kreise Sachsens und Sachsen-Anhalts vorzunehmen, die zur Bearbeitung der zweiten Fragestellung und zur Untersuchung der Hypothese erforderlich war.

6.4.2 Methodendiskussion zur Untersuchung des Infektionsgeschehens

Mit den zur Untersuchung der zweiten Fragestellung und Bearbeitung der Hypothese herangezogenen Methoden wurden Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen während des Augusthochwassers analysiert, gemessen an den gemeldeten Fallzahlen im Jahr 2002 gegenüber den Referenzzeiträumen. Die Ergebnisse der Befragung veranschaulichten, dass von den Gesundheitsämtern nur wenige Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen während des Hochwasserereignisses kommuniziert wurden. Im Rahmen der vorliegenden Studie waren bereits durch den Vergleich der Rohdaten der gemeldeten Fallzahlen in den ausgewählten Kreisen Sachsens und Sachsen-Anhalts mehrere Fallhäufungen erkennbar, die durch die Anwendung der Verfahren zur Infektionskrankheiten-Surveillance (Perzentil-Berechnung, Z-Transformation und Berechnung der SMR) bestätigt und präzisiert werden konnten.

Die Betrachtung der Rohdaten allein ließ bei geringen Fallzahlen keine auffälligen Fallhäufungen erkennen, wohl jedoch die Anwendung der statistischen Verfahren auf die in den drei Vierwochenzeiträumen „Vorflutzeitraum“, „Flutzeitraum“ und „Nachflutzeitraum“ zusammengefassten Fallzahlsummen. Allerdings waren hierbei aufgrund der Wahl der Kreise als Raumeinheiten zur Durchführung der statistischen Analysen zum Teil bereits geringe Fallzahlen im Jahr 2002 signifikant höher als in den Referenzzeiträumen, und erst ein Vergleich des

Infektionsgeschehens in den Hochwasserkreisen mit dem in den Referenzkreisen ermöglichte die Einschätzung von Auffälligkeiten.

Methoden zur Infektionskrankheiten-Surveillance werden vielfach auf Bundes- oder Landesebene angewandt (Dreesman & Scharlach 2004, Reintjes et al. 2001, vgl. Kapitel 2.4.3), um außergewöhnliche Häufungen von Infektionskrankheiten zu erkennen. Da zur Erkennung von Häufungen Vorjahres- bzw. vergleichbare Referenzwerte herangezogen werden, besteht stets die Gefahr, beim Vorliegen von Häufungen in den Referenzzeiträumen Häufungen im Beobachtungszeitraum nicht erkennen zu können. Die Gefahr erhöht sich für Krankheiten, die oft in Gruppeneinrichtungen auftreten bzw. aus diesen gemeldet werden, wie z.B. bei Norovirus-Erkrankungen. Zudem können bei Trinkwasserepidemien, bei denen es sich in der Regel um räumlich stark begrenzte Ereignisse handelt (wie z.B. in der in Kapitel 6.2.1 genannten Norovirusepidemie im Landkreis Torgau-Oschatz, die nur einen Straßenzug betraf; RKI 2004b), kleinere Krankheitshäufungen eher unauffällig bleiben, zumal auch Wasserversorgungsgebiete in den meisten Fällen nicht kongruent mit Kreisgebieten sind.

Durch die Anwendung von Methoden der Infektionskrankheiten-Surveillance auf kleinräumigerer Ebene (Landkreise und kreisfreie Städte; vgl. auch Hashimoto et al. 2000 zur Anwendung der Verfahren auf der Ebene der japanischen Präfekturen) werden zwar auffällige Fallhäufungen auf Kreisebene erkennbar, aber bei seltener auftretenden Erkrankungen ist die Gefahr für falsch positive Signale hoch. Zur Vermeidung zu geringer Fallzahlen in den Beobachtungszeiträumen wurden daher jeweils vier Kalenderwochen zu den beiden Untersuchungszeiträumen Flut- und Nachflutzeitraum zusammengefasst und zudem wurde die Forderung aufgestellt, dass mit der maximal möglichen Anzahl an Surveillance-Methoden (aufgrund des Ausschlusses von Verfahren bei Nicht-Vorliegen der Normalverteilung oder bei Null Fällen in den Referenzzeiträumen) gehäufte Fallzahlen anzuzeigen waren, um sie als auffällig zu kennzeichnen.

Wie in Kapitel 5.2.6 bereits dargestellt, wiesen die verwendeten Verfahren Vor- und Nachteile auf. Die Methode der Perzentile zeigte zwar auch viele nur kleinere Fallhäufungen als auffällig gegenüber den Referenzzeiträumen an, aber sie war als robustes Verfahren für alle Arten von Verteilungen einsetzbar und zudem am einfachsten zu berechnen. Die beiden anderen Verfahren, die Z-Transformation und die Berechnung der SMR, ließen dagegen eine genauere Einschätzung der auffälligen Häufungen zu, was vor allem bei den SMR durch die Angabe der Konfidenzintervalle als positiv einzuschätzen ist. Für die vorliegende Studie war es zur

Identifizierung der wichtigsten Häufungen ein Gewinn, die Ergebnisse der drei Methoden miteinander vergleichen zu können.

Zur Erkennung ungewöhnlicher Fallhäufungen während eines Katastrophenereignisses wird das Perzentil-Verfahren als das am besten geeignete Verfahren erachtet, da es leicht zu berechnen und einfach zu interpretieren ist. Mit ihm wurden in der vorliegenden Studie alle auffälligen Fallhäufungen bis auf eine angezeigt (Norovirus-Erkrankungen im Nachflutzeitraum im Landkreis Löbau-Zittau^[R], vgl. Tabelle 30), die nur mit der Methode der SMR-Berechnung als signifikant deklariert wurde.

Für Katastrophensituationen kann die Nutzung des Perzentil-Verfahrens vorteilhaft sein, wenn trotz eingeschränkter personeller und technischer Ressourcen eine erhöhte Wachsamkeit zur Erkennung ungewöhnlicher Infektionsgeschehen erforderlich ist. In einer derartigen Situation kann es zudem sinnvoll sein, nicht nur nach Überschreitungen z.B. des 90%- oder 95%-Perzentils zu suchen, sondern auch Unterschreitungen eines 5%- oder 10%-Perzentils erkennen zu können. Hierdurch ist festzustellen, ob durch eingeschränkte Ressourcen der Gesundheitsversorgung oder aufgrund eines höheren Trends zur Selbstmedikation nur ein Teil des realen Infektionsgeschehens offiziell zu Tage tritt.

Zur Routinesurveillance eignet sich beim Vorliegen normalverteilter Daten die Z-Transformation, da der obere und der untere Grenzwert fest sind und die Darstellung in Barometerform eine leichte Erkennung von Über- bzw. Unterschreitungen dieser Grenzwerte ermöglicht (vgl. Kapitel 4.3.3). Die präzisesten Informationen lieferte dagegen das Verfahren der SMR durch die Angabe der Konfidenzintervalle, die eine Einschätzung der Datenverlässlichkeit ermöglichten. Da SMR aufwendiger zu berechnen sind als Perzentile und Z-Werte, eignen sie sich jedoch eher für einen Einsatz im Rahmen epidemiologischer Studien.

6.5 Limitationen der Studie

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie können durch systematische Fehler („Bias“) verzerrt worden sein, so dass Fehlinterpretationen der Ergebnisse vorliegen. Zu den systematischen Fehlern werden unter anderem Selektionsfehler („Selection Bias“), Informationsfehler („Information Bias“) und Confounder („Confounding Bias“)⁶⁰ gezählt (Bayerischer Forschungs- und Aktionsverbund Public Health 2002, Porta et al. 2008).

⁶⁰ Die Zuordnung ist nicht einheitlich: Confounder können sowohl eine eigenständige Fehlerkategorie bilden als auch als „Confounding Bias“ zu den anderen systematischen Fehlern gezählt werden (Bayerischer Forschungs- und Aktionsverbund für Public Health 2002, Porta et al. 2008).

Der Selektionsfehler wird durch eine nicht-zufällige Auswahl von Studienobjekten hervorgerufen, und der Informationsfehler entsteht durch Fehler bei der Datenerhebung. Unter einem Confounder versteht man eine Variable, die einen unabhängigen Risikofaktor für eine Erkrankung darstellt, zugleich aber einen Zusammenhang mit der Exposition aufweist, ohne ein Glied in der Kausalkette von der Exposition zur Erkrankung zu sein⁶¹. Die „Störgröße“ kann zu einer Über- oder Unterschätzung des Zusammenhangs zwischen der Exposition und der Erkrankung führen. Eine Kontrolle von Confounding-Faktoren kann durch die Wahl des Studiendesigns, bei der Datenanalyse z.B. durch Matching oder Stratifizierung oder während beider Arbeitsschritte erfolgen (Checkoway et al. 2004, Porta 2008, Stark & Guggenmoos-Holzmann 2000).

6.5.1 Selektions- und Informationsfehler

Durch die Vorgehensweise zur Klassifikation der Kreise nach dem hochwasserbedingten Betroffenenheitsgrad der Wasserversorgung sowie durch die Auswahl der Erkrankungsdaten und der statistischen Verfahren wurde in der vorliegenden Studie versucht, mögliche Selektions- und Informationsfehler zu reduzieren.

Selektions- und Informationsfehler bei der Auswahl des Untersuchungsraumes

Die Möglichkeit für einen Selektionsfehler war bei der Auswahl der Kreise gegeben. Kreisgebiete entsprechen in der Regel nicht Wasserversorgungsgebieten, wie bereits in Kapitel 6.3.2 beschrieben (vgl. auch Fußnote 55), so dass pauschale Aussagen zur Hochwasserbetroffenheit der Wasserversorgung eines Kreises zu Fehlinterpretationen geführt haben könnten. Für kleinere Gebietseinheiten als Kreise wären jedoch zum einen keine Meldedaten der amtlichen Statistik verfügbar gewesen, und zum anderen wäre es aufgrund noch geringerer Fallzahlen pro Raumeinheit schwierig gewesen, Methoden der Infektionskrankheiten-Surveillance anzuwenden.

Da das Augushochwasser durch eine Vb-Großwetterlage ausgelöst wurde, bei der Starkniederschläge ein sehr großes Gebiet Sachsens und Sachsen-Anhalts trafen (Piechniczek 2004, vgl. auch Kapitel 2.7.1), könnten in Regionen, in denen es nicht zum Auftreten von Hochwasser kam, allein die extremen Niederschläge zu einem gehäuften Auftreten von potentiell was-

⁶¹ “A confounder must not be an intermediate step in the causal pathway from exposure to disease” (Checkoway et al. 2004, S. 98): Diese Forderung basiert auf der Annahme, dass, wenn ein Confounder ein Glied in der Kausalkette von der Exposition zur Erkrankung darstellt, eine Trennung und Messung der Einzel-Effekte nicht mehr möglich ist (Checkoway et al. 2004, Rothman et al. 2008).

serbürtigen Infektionskrankheiten geführt haben (siehe z.B. Curriero et al. 2001, Dangendorf 2003, Greenough et al. 2001, Hrudehy & Hrudehy 2004, Nichols et al. 2009). Dies erschwerte die Auswahl von Referenzkreisen.

Zur Reduktion des Selektionsfehlers wurde bei der Auswahl von Hochwasser- und Referenzkreisen versucht, Kreise auszuwählen, die sich eindeutig hinsichtlich der Hochwasserbetroffenheit ihrer Wasserversorgung unterschieden, aber die dennoch eine räumliche Nähe aufwiesen, um Unterschiede durch andere raumbezogene Einflussfaktoren auf das Infektionsgeschehen zu minimieren.

Eine wesentliche Informationsquelle zur Ermittlung „eindeutig unterschiedlicher“ Kreise stellte die Befragung der Gesundheitsämter dar. Um möglichst flächendeckende Informationen aus den Gesundheitsämtern zu erhalten, wurden bei der Befragung multiple Zugangsverfahren verwendet (per E-Mail, telefonisch und schriftlich) (Bayerischer Forschungs- und Aktionsverbund Public Health 2002). Dies erwies sich als sinnvoll, da der Großteil der Auskünfte zwar telefonisch oder per E-Mail erteilt wurde, aber es von Seiten einiger Gesundheitsämter erwünscht war, die Leitfragen schriftlich vorliegen zu haben. Eine mehrmalige Kontaktaufnahme war notwendig, wenn in den Gesundheitsämtern für die Beantwortung zuständige Personen abwesend waren (im Urlaub, krank oder im Ruhestand) oder der zugesandte Fragebogen oder E-Mails den Empfänger nicht erreichten. Resultat war eine Response Rate von 100%.

Die Befragungsergebnisse unterlagen der Gefahr für einen Informationsfehler aufgrund von potentiellen Erinnerungsproblemen der Befragten in den Gesundheitsämtern („Recall-Bias“). Angaben aus den Gesundheitsämtern Sachsens und Sachsen-Anhalts zur Betroffenheit der Wasserversorgung, zu Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen, Informationen zu bakteriologischen Beanstandungen für ausgewählte Kreise Sachsens und zu ausgelöstem Katastrophenalarm sowie einschlägige Literaturhinweise wurden daher zusammengeführt, so dass die Gefahr für Selektions- und Informationsfehler bei der Auswahl der Hochwasser- und Referenzkreise reduziert werden konnte.

Selektionsfehler bei der Auswahl der Erkrankungsdaten

Da in der vorliegenden Studie bis auf die Frage nach Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen im Rahmen der Gesundheitsämterbefragung keine eigenen Erhebungen zu Erkrankungen während des Augusthochwassers durchgeführt wurden (wie z.B. in der Studie von Schnitzler et al. 2007), sondern die Untersuchung auf der Grundlage der dem RKI gemeldeten Fallzahlen

basierte (vgl. Bigl et al. 2003), war die Gefahr eines Selektionsfehlers bei der Auswahl der Erkrankungsdaten reduziert. Allerdings stehen sich in Katastrophensituationen eine erhöhte Wachsamkeit und höhere Aufdeckungsraten für Krankheitshäufungen z.B. durch die aktive Suche von „Fällen“, dem Case-finding (de Ville de Goyet 2007, Hauri & Uphoff 2005, Issartel et al. 2005), und eine Zunahme des bereits für normale Verhältnisse anzunehmenden Underreporting meldepflichtiger Infektionskrankheiten aufgrund begrenzter personeller, zeitlicher und finanzieller Ressourcen gegenüber (Bigl et al. 2003, Krause et al. 2006, van Treeck & Schröter 2005).

Underreporting

Wasserbürtige Infektionskrankheiten werden nur zu einem Teil als solche erkannt, gemeldet und dem RKI übermittelt (RKI 2009a). In Katastrophensituationen könnte dieser Trend des Underreporting durch folgende Faktoren verstärkt worden sein:

- Betroffene suchen bei leichten Krankheitsverläufen, die bei gastrointestinalen Infektionen häufig sind, keinen Arzt auf, so dass ein Großteil von Erkrankungen nicht in der Meldestatistik erscheint.⁶² Für Katastrophensituationen ist aufgrund einer großen Anzahl zerstörter oder beschädigter Praxen sowie persönlicher Faktoren der Erkrankten von einem höheren Trend zur Selbstmedikation auszugehen (vgl. Kapitel 2.7.3).
- Die epidemiologische Abklärung von Krankheitshäufungen zur rechtzeitigen Verhinderung weiterer Erkrankungen bedarf zusätzlicher personeller und finanzieller Ressourcen, die in den Gesundheitsämtern vielfach nicht verfügbar sind (LUA Sachsen 2003, RKI 2003a⁶³), und die während des Katastrophenereignisses vermutlich weiter limitiert waren.

⁶² Nach einer Studie des Center for Intestinal Infectious Disease in Großbritannien (2001) leiden in England jährlich etwa 20% der Bevölkerung unter gastrointestinalen Infektionskrankheiten, aber nur 3% der Bevölkerung begeben sich aufgrund dieser Erkrankungen in medizinische Behandlung.

⁶³ RKI (2002b, S.34): „Leider sind die Gesundheitsämter vielfach personell nicht ausreichend ausgestattet, um die erkannten Häufungen in der gebotenen Ausführlichkeit zu untersuchen und so das Auftreten weiterer Erkrankungen rechtzeitig zu verhindern“;

LUA Sachsen (2003b, S. 93) zur Abklärung von Salmonellose-Häufungen: „Die Situation im Hinblick auf die Abklärung von Erkrankungsausbrüchen wird von Jahr zu Jahr unbefriedigender. Zum einen werden Erkrankungen verspätet gemeldet, selbst von zur Meldung verpflichteten Personen. Lebensmittel sind oft nicht mehr vorhanden, Bezugsquellen können nicht sicher angegeben werden, Lieferbeziehungen sind nicht mehr nachvollziehbar usw.. Dazu kommt, dass es z.B. in Kindereinrichtungen keine betreuenden Ärzte mehr gibt und daher unterschiedliche Ärzte von den Erkrankten konsultiert werden. Angeordnete Stuhluntersuchungen werden dadurch oft in unterschiedlichen Laboren bearbeitet. Im Gesundheitsamt wiederum kann man ohne Meldung erst reagieren, wenn entsprechende Befunde eingehen und auffällig werden. Umgebungsuntersuchungen und Nachkontrollen erbringen zwar in der Regel eine Übersicht über die Zahl der Infizierten, aber Ermittlungen und Kontrollen im Nachhinein durch die zuständigen Behörden verlaufen meist ergebnislos. Da sich außerdem die schon erwähnte Verschiebung vom gesellschaftlichen in den privaten Bereich vollzieht, wird der Umfang einzelner Geschehen geringer und der Druck in Bezug auf eine Aufklärung wird kleiner

Ein zeitlicher Mehraufwand für Fallmeldungen von Erkrankten aus oder in anderen Landkreisen, wie z.B. von Katastrophenhelfern oder von Evakuierten bzw. von aus Krankenhäusern oder Alten- und Pflegeheimen Verlegten, könnte auch zu einem Unterlassen von Meldungen geführt haben.⁶⁴

- Wird Trinkwasser als potentielle Infektionsquelle in Betracht gezogen, ist neben epidemiologischen Untersuchungen auch ein mikrobiologischer Erregernachweis im Trinkwasser erforderlich (vgl. z.B. Gornik et al. 2001, Risebro et al. 2005, Tillett et al. 1998; siehe auch Tabelle 7). Verfahren zur Trinkwasseruntersuchung auf Viren und Parasiten sind jedoch sehr aufwendig und kostenintensiv, so dass sie in Katastrophensituationen eventuell seltener durchgeführt werden.

Zur Einschätzung, ob in den Hochwasserkreisen während des Extremereignisses weniger Fallmeldungen vorlagen als aufgrund der Fallmeldungen in den Referenzzeiträumen zu erwarten gewesen wären, wurden bei der Anwendung der Verfahren zur Infektionskrankheiten-Surveillance Grenzwertunterschreitungen sowie Unterschreitungen des 10%-Perzentsils berücksichtigt, und die Ergebnisse in den Hochwasserkreisen wurden mit denen in den Referenzkreisen verglichen.

Während des Untersuchungszeitraums lagen jedoch nur in zwei Kreisen signifikant niedrigere Fallmeldungen als in den Referenzzeiträumen vor, die, wie in Kapitel 6.2.1 bereits erläutert, mit den Landkreisen Löbau-Zittau^(R) und Wittenberg^(H) nur einen Hochwasserkreis betrafen, in dem andere Erkrankungen regelmäßig gemeldet wurden bzw. in dem sogar die größte Fallhäufung während des Untersuchungszeitraums registriert wurde. Ein Underreporting und eine damit zusammenhängende Verzerrung der Studienergebnisse durch die Auswahl der Daten kann somit ausgeschlossen werden.

oder fehlt ganz. Außerdem führt der fast überall in den Behörden herrschende Personalmangel fast zwangsläufig dazu, bestimmte zeitintensive Ermittlungen und antiepidemische Maßnahmen selten oder gar nicht durchzuführen bzw. zu kontrollieren.“,

sowie weiter zur Abklärung gehäufter Norovirus-Erkrankungen (S. 97): „Die ordentliche Ermittlung, Abklärung sowie statistische Erfassung einer Erkrankungshäufung ist relativ arbeitsintensiv, die Personaldecke hingegen in manchen Ämtern sehr dünn.“

⁶⁴ Wie z.B. im Fall eines Ausbruchsgeschehens von Norovirus-Erkrankungen in einem Feriendorf im Regierungsbezirk Chemnitz, bei dem von den 3.500 innerhalb von vier Wochen beherbergten Gästen (Kinder und Jugendliche) mindestens 260 erkrankten und 32 hospitalisiert wurden: „Statistisch wurde es nicht erfasst, da ja lt. IfSG die Heimatgesundheitsämter der Erkrankten zur Übermittlung verpflichtet gewesen wären. Es war den Mitarbeitern des für das Feriendorf zuständigen Gesundheitsamtes auf Grund mangelnder personeller Besetzung nicht möglich, die aufwendige Benachrichtigung der Heimatgesundheitsämter durchzuführen. Eine praktische Präsenz und Kontrolle vor Ort wurde als wichtiger angesehen“ (LUA Sachsen 2003, S. 96).

Case-finding

Während des Augusthochwassers 2002 könnte eventuell ein aktives Case-finding zu häufigeren Fallmeldungen geführt haben. Das RKI hatte im Epidemiologischen Bulletin zu einer erweiterten Surveillance aufgerufen, wie in Kapitel 2.7.3 bereits dargestellt. Um eine eventuell häufigere Meldung von Krankheitsfällen einschätzen zu können, wurden die Infektionsgeschehen während des Flut- und Nachflutzeitraums in den Hochwasser- und den Referenzkreisen miteinander verglichen. Auch hier zeigten sich keine so bedeutenden Unterschiede, die eine Verzerrung der Meldedaten aufgrund eines speziellen Case-finding vermuten lassen.

Meldeverzug

Da die Erfassung der Surveillance-Daten im RKI in Abhängigkeit von ihrer Meldung und Übermittlung erfolgt und nicht den Zeitpunkt der Erkrankung widerspiegelt, könnte ein Selektionsfehler bei der Auswahl des Untersuchungszeitraums aufgetreten sein, der eventuell verstärkt wurde durch katastrophenbedingt beeinträchtigte Meldewege. Zur Reduktion dieses Fehlers wurden einzelne Meldewochen zu den beiden jeweils vierwöchigen Untersuchungszeiträumen Flut- und Nachflutzeitraum zusammengefasst. Auch Meldungen aus der Zeit vor dem Hochwasserereignis sind in diesen Daten höchstwahrscheinlich enthalten, aber sie dürften sich vorwiegend auf den Beginn des Flutzeitraums beschränken.

6.5.2 Confounding

In dieser Studie wurde die Saisonalität als Einflussfaktor für die Häufigkeit des Auftretens von Infektionskrankheiten über die Zeit durch die Wahl des Untersuchungszeitraumes und der Referenzzeiträume berücksichtigt (Kovats et al. 2004). Auch ein durch die Einführung des IfSG geändertes Meldeverfahren im Jahr 2001 (Buehler 1998, RKI 2002b) sowie Effekte durch das Frühjahrshochwasser 2006 wurden als Confounding-Faktoren beachtet, indem der Untersuchungszeitraum auf die Jahre 2001 bis 2005 begrenzt wurde. Als weitere für Längsschnittstudien typische Confounder kamen in dieser Studie eine Änderung der Falldefinitionen während des Untersuchungszeitraums in Betracht sowie eine höhere Hemmschwelle für Arztkonsultationen während des Augusthochwassers 2002 (siehe z.B. Hertz-Picciotto 1998).

Confounding durch die Änderung von Falldefinitionen und Untersuchungsmethoden

Während des Untersuchungszeitraums gab es im Jahr 2004 eine überarbeitete Version der Falldefinitionen nach IfSG aus dem Jahr 2000 (RKI 2000a und 2004a). Hierdurch haben sich

zum Teil auch neue Verfahren, wie das ELISA-Verfahren zum labordiagnostischen Nachweis von Krankheitserregern, etabliert, so dass ein Anstieg der Fallzahlen ab dem Jahr 2004 als Artefakt zu betrachten wäre (vgl. Buehler 1998). Zur Reduzierung dieses Confounding wurden die gemeldeten Campylobacteriose-Fälle der Jahre 2004 und 2005 mit den Fallzahlen der vorausgehenden Jahre verglichen. Für den Untersuchungszeitraum war zwar ein leichter Trend zu mehr gemeldeten Fallzahlen in den Jahren 2004 und 2005 erkennbar, aber dieser Unterschied schien zu gering, als dass hierdurch die Aussagekraft der Studienergebnisse hätte verzerrt werden können.

Ähnliches gilt für die Norovirus-Erkrankungen. Hier könnten die in den letzten Jahren verbesserten Diagnosemöglichkeiten auf die Studienergebnisse eingewirkt haben, sowie auch der sprunghafte Anstieg der Fallmeldungen im IV. Quartal 2002, also am Ende des Untersuchungszeitraums der vorliegenden Studie (vgl. Koch 2004). Auffällig hohe Fallzahlen an Norovirus-Erkrankungen spiegelte auch Tabelle 28 wider, in der gezeigt ist, dass in Sachsen-Anhalt insgesamt zwischen den Kalenderwochen 29 und 40 im Jahr 2002 die Anzahl an Norovirus-Erkrankungen verdreifacht war gegenüber dem Durchschnittswert der Referenzjahre. Ein Vergleich der Fallzahlen in den ausgewählten Hochwasser- und Referenzkreisen ließ den Confounding-Effekt jedoch nur gering erscheinen (vgl. Abbildung 18 und Abbildung 19).

Confounding durch ein geändertes Patientenverhalten bei Katastropheneignissen

Das Augusthochwasser 2002 könnte zu einem geänderten Patientenverhalten geführt haben, so dass Fallmeldungen 2002 nicht mit denen der Referenzjahre zu vergleichen sind. Bigl et al. (2003) beschrieben eine vermutlich hochwasserassoziierte höhere Hemmschwelle für Arztkonsultationen (vgl. auch Hertz-Picciotto 1998, siehe Kapitel 6.5.1 zu „Case-finding“). Dieser Faktor könnte dazu geführt haben, dass weitaus weniger Erkrankungen festgestellt wurden, als tatsächlich in der Bevölkerung aufgetreten sind. Das RKI (2007b) geht ohnehin davon aus, dass der größte Teil der meldepflichtigen Erkrankungen nicht einem Arzt vorgestellt wird, da viele Erkrankungen, und vor allem die Gastroenteritiden, häufig einen leichten Krankheitsverlauf von kurzer Dauer haben. In einer Katastrophensituation verstärkt sich der Trend zur Selbstmedikation (Bigl et al. 2003) vermutlich auch, weil aufgrund von Schäden und Zerstörungen weniger Arztpraxen geöffnet sind (vgl. Kapitel 2.7.2, siehe Orellana 2002), die Erreichbarkeit von Ärzten aufgrund beeinträchtigter Verkehrsinfrastruktur erschwert ist und weil eventuell aufgrund der Ausnahmesituation im Krankheitsfall auch weniger Arbeitsunfähigkeitsbescheinigungen für Arbeitgeber benötigt werden.

In der vorliegenden Studie wurde versucht, das Ausmaß des Confounding auf die gemeldeten Fallzahlen in den Hochwasserkreisen mithilfe der Verkaufszahlen für apothekenpflichtige, aber nicht verschreibungspflichtige Antidiarrhoika abzuschätzen (vgl. unveröffentlichte Studie zum Konsum freiverkäuflicher Psychopharmaka während des Augusthochwassers in Sachsen, Kapitel 2.7.3). Dieses Maß, das unter anderem im Rahmen der Surveillance (siehe z.B. Balter et al. 2005, Boulos 2004, Das et al. 2005, Edge et al. 2004, Hrudey & Hrudey 2004, Krause et al. 2005, Stoto 2005) eingesetzt wird, hätte Hinweise darauf geben können, ob während des Augusthochwassers gegenüber Vergleichsjahren eine Änderung der Selbstmedikationsrate gastrointestinaler Infektionserkrankungen festzustellen war. Eine Beschaffung raumbezogener Verkaufsstatistiken der Antidiarrhoika hätte jedoch den finanziellen Rahmen der vorliegenden Studie gesprengt⁶⁵.

Stattdessen wurden bei der Datenanalyse – wie bereits zur Reduktion des Selektionsfehlers beschrieben, Kapitel 6.5.1 – nicht nur Überschreitungen der Grenzwerte bzw. Perzentile betrachtet, sondern auch Unterschreitungen (vgl. Kapitel 4.3.3). Da in den Ergebnissen nicht erkennbar war, dass während des Augusthochwassers auffällig wenige Erkrankungsfälle gemeldet wurden, die auf ein geändertes Patientenverhalten zurückzuführen waren, konnte ein Confounding der Meldedaten aus diesem Grunde ausgeschlossen werden. Voraussetzung hierfür war jedoch, dass sich hochwasserbedingt reduzierte Meldungen (Underreporting) und eine höhere Inzidenz nicht die Waage halten und somit nicht erkennbar sind.

6.5.3 Andere Übertragungswege als Trinkwasser

Zu weiteren Faktoren, die das Infektionsgeschehen im Zuge des Hochwassers 2002 unabhängig von Beeinträchtigungen der Wasserversorgung beeinflusst haben könnten, gehören andere Übertragungswege als Trinkwasser wie z.B. der Kontakt zu Flutwasser oder zu Hochwasserschutt, zu kontaminierten Gegenständen (Kleidung, Wohnung, etc.), der Genuss kontaminierter Lebensmittel sowie unzureichende hygienische Verhältnisse in Notunterkünften (vgl. Bigl et al. 2003, vgl. Kapitel 2.3.2). Dies könnte zu einer Verzerrung der Studienergebnisse geführt haben. Diese Faktoren können jedoch auch ein Glied in der Kausalkette darstellen, z.B. wenn Lebensmittel durch verunreinigtes Wasser kontaminiert und durch den Verzehr

⁶⁵ Auskunft von IMS-Health Deutschland am 30.04.2007 (Weltweit agierender Anbieter von Informationen und Dienstleistungen für die Pharma- und Gesundheitsindustrie, der Informationen über den Verbrauch von Arzneimitteln in Datenbanken erfasst und in Form von Marktberichten herausgibt). Die Apothekerkammer Sachsen und der pharmazeutische Großhandel konnten keine raumbezogenen Daten zur Verfügung stellen, und Krankenkassen verfügen nur über Informationen zu verschreibungspflichtigen Pharmaka, Auskunft am 30.04.2007.

dieser Lebensmittel Erkrankungen ausgelöst werden (vgl. auch Kapitel 2.3). Da eine Trennung und Messung der einzelnen Effekte in so einem Fall nicht vorgenommen werden kann, handelt es sich der Definition nach nicht um ein Confounding (vgl. Kapitel 6.5.2, Checkoway et al. 2004, Rothman et al. 2008).

Zur Identifizierung anderer Einflussfaktoren als Trinkwasser für das Auftreten größerer Häufungen gemeldeter Fälle erfolgten Nachfragen bei den Gesundheitsämtern, in denen diese Häufungen auftraten und in der Folge epidemiologische Abklärungen durchgeführt wurden. Es zeigte sich, dass keine der Häufungen offiziell als mit Trinkwasserproblemen assoziiert eingeschätzt wurde. Vielmehr wurde für mehrere der Häufungen auf das Auftreten der Erkrankungen in Gruppeneinrichtungen verwiesen, nicht jedoch der Auslöser der Erkrankungen genannt (vgl. Kapitel 6.2.1).

Für kleinere Fallhäufungen wurden dagegen die Fallzahlen in den Hochwasserkreisen mit denen in den Referenzkreisen verglichen: Unter der Annahme, dass in den Referenzkreisen keine Kontaminationen des Trinkwassers bzw. reduzierte Hygienemöglichkeiten durch Ausfälle der Wasserversorgung für das Infektionsgeschehen verantwortlich waren, wurde so das Infektionsgeschehen sichtbar, das auf andere, hochwasserunabhängige Faktoren wie z.B. die Übertragung über Lebensmittel zurückzuführen war. Da der Vergleich zwischen Hochwasser- und Referenzkreisen keine auffälligen Unterschiede im Infektionsgeschehen zeigte, wird davon ausgegangen, dass zwischen den in der Meldestatistik erkennbaren kleineren Fallhäufungen der untersuchten Infektionskrankheiten und hochwasserbedingten Problemen mit dem Trinkwasser vermutlich kein Zusammenhang bestand, so dass andere Faktoren für das Auftreten auffälliger Häufungen verantwortlich waren.

7 Folgerungen und Ausblick

Aufgrund des prognostizierten Klimawandels ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass Extremwetterereignisse in Zukunft häufiger auftreten werden und in ihrer Intensität zunehmen. Hierzu gehören Zeiten extremer Trockenheit und Hitze wie im Jahr 2003 sowie auch Hochwasserereignisse wie das Auguthochwasser 2002, das für die hier vorliegende Studie beispielhaft ausgewählt wurde.

Klimaschutzmaßnahmen sind notwendig, um diese Entwicklung zu verlangsamen, aber sie können den Prozess selbst nicht aufhalten. Neben Hochwasserschutzmaßnahmen ist daher eine Anpassung an ein erhöhtes Risiko für das Auftreten von Extremereignissen notwendig. Zu den Empfehlungen für Anlieger hochwassergefährdeter Bereiche gehören in den Hochwasseraktionsplänen der Internationalen Kommissionen zum Schutz von Rhein, Saar/Mosel, Oder und Elbe unter anderem die Erkennung der Hochwasserbetroffenheit und die Minderung der Schadenspotentiale.

Da in Deutschland im Gegensatz zu anderen Ländern (z.B. in den USA oder in Japan) bisher verhältnismäßig selten extreme Naturereignisse katastrophalen Ausmaßes aufgetreten sind, ist das Bewusstsein für Katastrophensituationen und hierdurch bedingte Versorgungsausfälle in der Bevölkerung relativ niedrig. Dies gilt auch für Einrichtungen Kritischer Infrastrukturen, in denen katastrophenbedingte Krisensituationen bisher nicht oder nur selten auftraten.

Wie bereits aus anderen Studien bekannt (vgl. z.B. Wricke 2004, Wricke et al. 2003), zeigte sich während des Auguthochwassers 2002, welche Auswirkungen ein extremes Naturereignis auf unzureichend bzw. nicht ausreichend vorbereitete Wasserversorger haben kann. Hierzu gehörten Einschränkungen der Trinkwasserquantität und der Trinkwasserqualität.

Folgen für die Bevölkerung und speziell das Potential für das Auftreten wasserbürtiger sowie auch hygieneabhängiger Infektionskrankheiten aufgrund von Trinkwasserkontaminationen bzw. Versorgungseinschränkungen und -ausfällen der öffentlichen Wasserversorgung wurden in anderen Studien zum Infektionsgeschehen während des Auguthochwassers bisher jedoch nicht explizit untersucht (vgl. Bigl et al. 2003, Schnitzler et al. 2007). Bis auf einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Durchfallerkrankungen und der Nutzung von Trinkwasser aus privaten Hausbrunnen bzw. einem Hautkontakt mit Flutwasser sowie einem gehäuftem Auftreten von Norovirus-Erkrankungen aufgrund veränderter Diagnoseverfahren

wurden in diesen beiden Studien keine hochwasserbedingten Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen beschrieben.

In der vorliegenden Studie wurden als Indikator für Gesundheitsauswirkungen die gemeldeten Fallzahlen der potentiell wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Infektionskrankheiten herangezogen und mit Methoden der Infektionskrankheiten-Surveillance analysiert. Mit den verwendeten Daten und Verfahren wurden auffällige Infektionsgeschehen im Zuge des Hochwassers gegenüber Referenzzeiträumen erkennbar, aber es gab keine klaren Indizien für einen ursächlichen Zusammenhang mit hochwasserbedingten Problemen der Wasserversorgung. Aus den Ergebnissen der vorliegenden Studie zu den Auswirkungen des Hochwassers auf die Wasserversorgungen in den einzelnen Kreisen sowie aus den Hintergrundinformationen zu den Fallhäufungen sind folgende Schlussfolgerungen sowie Empfehlungen für einen weiteren Forschungsbedarf ableitbar.

7.1 Praktische Relevanz der Ergebnisse und Ableitung von Empfehlungen

Aus den Studienergebnissen lassen sich Empfehlungen für die Praxis ableiten. Einige dieser Empfehlungen gelten speziell für einzelne Infrastrukturbereiche wie der Wasserversorgung oder dem Public Health-Bereich. Andere wiederum stellen auf der Meta-Ebene die Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen an zukünftige Katastrophenereignisse und Krisensituationen dar.

7.1.1 Folgerungen für die Kritische Infrastruktur Wasserversorgung aus Bevölkerungsschutzsicht

Ausgehend von den Fragebogenergebnissen ergeben sich für die Wasserversorgung als Kritische Infrastruktur mehrere Implikationen. In der Folge des Auguthochwassers 2002, aber auch nach den Anschlägen auf das World Trade Center am 11. September 2001, wurden die in Kapitel 2.1.3 genannten Empfehlungen für den Schutz Kritischer Infrastrukturen erarbeitet (siehe z.B. auch die Empfehlungen in Wricke et al. 2003, mit denen Korthals (2004) die Gefährdung und bereits vorhandene Schutzvorkehrungen der Hessenwasser gegenüber einem ähnlichen Ereignis wie dem Auguthochwasser 2002 abgeschätzt hat).

Zu den Empfehlungen gehört zum einen die Durchführung von Risikoanalysen, um gezielt das Risiko für das Eintreten von Hochwasser oder von ähnlichen Ereignissen sowie mögliche Folgen für das Unternehmen sowie Konsequenzen für die Versorgung der Bevölkerung ab-

schätzen zu können. Hunter et al. (2003b) zeigten beispielsweise auch Möglichkeiten für die Abschätzung des Risikos für das Auftreten von Infektionskrankheiten aufgrund von Wasserversorgungsproblemen auf. Bei der Risikoabschätzung ist stets ein gewisses Restrisiko zu berücksichtigen, da nicht alle Risiken erkannt werden, die Maßnahmen im Kosten/Nutzen-Verhältnis stehen müssen oder das Schadensausmaß eines Risikos verkannt wurde. Daher umfassen die Empfehlungen auch die Vorbereitung eines adäquaten Krisenmanagements, mit dem schwerwiegende Störungen und Ausfälle sowie das Wiederanlaufen der Betriebsprozesse bewältigt werden können (BMI 2007).

Zur Vorbereitung auf zukünftige Katastrophenereignisse liegen somit bereits Hilfestellungen vor. Die Umsetzung der Empfehlungen erfolgt jedoch auf freiwilliger Basis und ist infolgedessen von personellen und finanziellen Ressourcen abhängig (BMI 2007).

Aufgrund der Fragebogenergebnisse erscheint es bezogen auf Hochwasserereignisse und andere mögliche Gefahren sinnvoll, für Betreiber von Wasserversorgungsunternehmen Anreize für die Umsetzung gezielter Empfehlungen zum Schutz der Einrichtung und ihrer Funktionalität durch technische Maßnahmen sowie auch für den Ausbau von Verbundleitungen zu benachbarten Wasserversorgern zu schaffen angelehnt an die Verleihung eines TSM-Zertifikates (Technisches Sicherheitsmanagement) des DVGW⁶⁶.

Anreize könnten hier zum Beispiel Versicherungsvorteile, steuerliche Vorteile oder eine staatliche Teilfinanzierung eines „Sicherheitsmanagers“ darstellen. Auch Sicherheitspartnerschaften mehrerer Wasserversorger könnten dazu beitragen, Schutzkonzepte einfacher umzusetzen, indem Erfahrungen und „Know-how“ untereinander ausgetauscht und für den Krisenfall Verantwortlichkeiten vereinbart werden. „Sicherheitsberater“ könnten vor allem dann, wenn die Versorgung nicht über private Träger wahrgenommen wird – angekoppelt an oder als Pendant zu Hygienekontrolleuren in Gesundheitsämtern – beratende Funktionen für die jeweiligen Versorger wahrnehmen. Hierbei wäre auch die Einrichtung staatlicher „Sicherheitszentren“ denkbar, wie es sie etwa auf kommunaler Ebene in ganz Österreich gibt und durch die unter anderem auch Hilfestellungen für die Erhöhung der Sicherheit der Wasserversorgung gegeben werden (Sicherheitsinformations-Zentren des Österreichischen Zivilschutzverbandes, URL 6).

⁶⁶ Das TSM-Zertifikat überprüft im wesentlichen die Umsetzung der DVGW-Regel W 1000 bezogen auf die Aufbau- und Ablauforganisation im Wasserversorgungsunternehmen und deckt gleichzeitig auch Schwachstellen auf, die die technische Sicherheit gewährleisten und die Erfüllung trinkwasserhygienischer Anforderungen absichern soll und somit auch viele Bereiche der Water Safety Plans der WHO abdeckt (DVGW 2003b, Lindner & Sattler 2001, WHO 2008; vgl. Kapitel 2.2.1). Diesem Zertifizierungsverfahren hatten sich bis zum Jahr 2007 255 der etwa 1.600 Wasserversorger, die Mitglied im DVGW sind, unterzogen (von etwa 5.000 Wasserversorgern insgesamt in Deutschland) (DVGW o. J.).

In die Umsetzung der Schutzkonzepte integriert werden kann auch die Vorbereitung auf eine Änderung der Versorgungssituation aufgrund des Klimawandels. Hier stellen vor allem Starkniederschlagsereignisse, Hochwasser sowie Zeiten extremer Trockenheit (vor allem bei der Nutzung von Oberflächenwasser sowie Uferfiltrat zur Trinkwasserversorgung) neue Herausforderungen an Wasserversorger und Raumplaner. Die Auswahl alternativer Versorgungsgebiete, die Nutzung von Wasserspeichern zur Überbrückung von Wassergewinnungsengpässen sowie die Vorhaltung einer flexiblen Wasseraufbereitung, wie sie in den Niederlanden als Anpassungsstrategien von Wasserversorgungsunternehmen an den Klimawandel diskutiert werden (Meuleman et al. 2007, Ramaker et al. 2005), könnten auch für Deutschland zukunfts-trächtig sein.

Die Fragebogenergebnisse ließen zudem erkennen, dass in mehreren Kreisen mehr als die Hälfte der Bevölkerung von Einschränkungen der Versorgung oder Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität betroffen war. Für einen kleineren Teil der Bewohner Sachsens und Sachsen-Anhalts traten zudem Ausfälle der Wasserversorgung auf (vgl. Kapitel 5.1.1). Bei Einschränkungen wurden Maßnahmen zur Überbrückung und bei Versorgungsausfällen Ersatzversorgungsmaßnahmen über Wasserwagen oder Wasserflaschen sichergestellt.

Die Versorgung der Bevölkerung mit einem Trinkwasser, das hoch gechlort ist⁶⁷, nur abgekocht verwendet werden sollte bzw. über Wasserwagen zur Verfügung gestellt wird, erfordert einen großen logistischen Aufwand in der Information der Bevölkerung sowie in der Bereitstellung des Wassers (vgl. auch § 9 Abs. 11 TrinkwV). Nicht bekannt ist, wie während des Hochwassers 2002 die Bedürfnisse vulnerabler Bevölkerungsgruppen bei der Versorgung mit Trinkwasser berücksichtigt wurden (vgl. dazu Kapitel 2.5.4).

Vulnerable Bevölkerungsgruppen bedürfen entweder besonderer Informationen (z.B. aufgrund von Sprachbarrieren, Behinderung oder Vergesslichkeit), benötigen Hilfen zur Beschaffung von Ersatzwasser sowie zur Umsetzung empfohlener Public Health-Maßnahmen wie zum Beispiel zum Wasserabkochen (aufgrund von Alter, Schwäche, Behinderung oder körperlichen Einschränkungen) oder sind beim Vorliegen von Kontaminationen aufgrund einer höheren Suszeptibilität gegenüber Krankheitserregern besonderen Risiken für das Auftreten von Krankheiten (wie z.B. Personen in höherem Lebensalter, Personen mit Vorerkrankungen, immunsupprimierte Personen oder Kleinkinder) oder sogar Fehlbildungen und Aborten ausgesetzt (Ungeborene bzw. Schwangere) (vgl. Kapitel 2.2.5). Aufgrund des demographischen

⁶⁷ Der längerfristige Konsum eines hoch gechlorten Trinkwassers kann aufgrund der Chlornebenprodukte zu gesundheitlichen Konsequenzen führen, wie es z.B. in den Studien von Bove et al. (2007a und b) zum Auftreten von Blasen- und Darmkrebs gezeigt wurde.

Wandels sowie einer hohen Migration vor allem aus vielen ostdeutschen Bundesländern ist mit einer Zunahme von Angehörigen vulnerabler Bevölkerungsgruppen zu rechnen.

Zur Vorbereitung auf zukünftige Extremereignisse ergibt sich daher das Erfordernis für die Entwicklung spezieller Informationen und Versorgungskonzepte. Die Erstellung und Vorhaltung von Adresslisten hilfebedürftiger Personen und Pläne zur Trinkwasserversorgung z.B. über Nachbarn, mobile Pflegedienste oder ehrenamtliche Helfer sowie mehrsprachige Informationszettel zu notwendigen Public Health-Maßnahmen können auch für Angehörige vulnerabler Gruppen zu einer Erhöhung der Bewältigungsstrategien von Katastrophen beitragen. Eine enge Zusammenarbeit zwischen Gesundheitsämtern, die nach § 9 Abs. 11 TrinkwV gemeinsam mit den Wasserversorgungsunternehmen zur Information der Allgemeinbevölkerung sowie bestimmter gefährdeter Bevölkerungsgruppen verpflichtet sind, lokalen Katastrophenschutzbehörden sowie Hilfsorganisationen bietet sich für die Durchführung von Ersatzversorgungsmaßnahmen an, wie z.B. der Nutzung von mobilen Trinkwasseraufbereitungsanlagen oder Notbrunnen. Hierzu gehört auch die Durchführung von Übungen zur Vorbereitung auf eine Krisensituation.

Aus einem steigenden Risiko für das Auftreten extremer Naturereignisse ergibt sich zudem, dass die in der Bevölkerung vorhandenen Strategien zur Bewältigung von Einschränkungen oder Ausfällen Kritischer Infrastrukturektoren analysiert werden sollten, um sie gezielt zu fördern. Eine grundlegende Empfehlung besteht in der Vorratshaltung unter anderem von Trinkwasser und Lebensmitteln, die jedoch durch Faktoren wie Platzmangel oder finanzielle Möglichkeiten limitiert ist. Hilfestellungen für eine angemessene Vorratshaltung im Rahmen der Selbsthilfe sowie auch für Selbstschutzmaßnahmen könnten z.B. im Schulunterricht oder über Massenmedien verbreitet werden (siehe z.B. BBK 2007, BMI 2009b, vgl. Kapitel 2.5.5).

7.1.2 Folgerungen für die Kritische Infrastruktur Wasserversorgung aus Gesundheitsschutzsicht

Im Normalbetrieb der Wasserversorgung werden mikrobiologische Parameter in regelmäßigen Abständen vom Wasserversorgungsunternehmen erhoben, um Informationen über die Wasserqualität und das Vorkommen von Krankheitserregern im Trinkwasser zu erhalten. Hochwasserereignisse stellen jedoch eine besondere Situation dar, wie sich in den Studienergebnissen der bakteriologischen Beanstandungen widerspiegelte. Angelehnt an die Studie von Bigl et al. (2003) und die Empfehlungen zum Einsatz von Water Safety Plans (WHO 2008) ist zu prüfen, ob in besonderen Situationen (z.B. bei Hochwasser und überfluteten Abwasseran-

lagen oder bei Problemen im Wasseraufbereitungsprozess) im Sinne eines Frühwarnsystems die nach § 14 Abs. 1 in Verbindung mit Anlage 4 TrinkwV vorgeschriebenen monatlichen bzw. jährlichen Untersuchungshäufigkeiten für ausgewählte Indikatorparameter wie z.B. Trübung auch für kleinere und mittlere Unternehmen auf mindestens tägliche Erhebungen standardmäßig ausgeweitet werden können (siehe z.B. Hunter et al. 2003a, Ingeduld 2006, McBean 2006). Personelle Unterstützung für Unternehmen könnte hierbei z.B. durch Gesundheitsämter oder Hygieneinstitute erfolgen.

Zudem ist zu prüfen, ob während eines Hochwasserereignisses Untersuchungen der Rohwasserressource (entsprechend dem niederländischen Wasseraufbereitungsprinzip angepasst an Belastungen des Rohwassers, Smeets et al. 2009) oder des Trinkwassers auf ausgewählte Krankheitserreger zu empfehlen sind, um Lücken im Indikatorprinzip zu schließen. Auch die Nutzung von Parametern, wie z.B. von *Clostridium perfringens* oder von Torque Teno-Viren, die in der Diskussion stehen als Indikatoren für virale oder parasitäre Kontaminationen bzw. für das Vorkommen von Enteroviren in Trinkwasser, ist für Katastrophensituationen zu testen (Exner et al. 2005, Griffin et al. 2008, vgl. auch Uphoff & Hauri 2005).

7.1.3 Folgerungen für den Public Health-Bereich

In einer Katastrophensituation ist es wichtig, möglichst zeitnah zu erkennen, ob das Infektionsgeschehen von der Normalsituation abweicht. Die Fragebogenergebnisse sind nach einem Vergleich mit den Meldedaten des RKI als Hinweis darauf zu werten, dass in den Gesundheitsämtern während des Auguthochwassers nur wenige Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen wahrgenommen wurden. Bei der Abklärung von Fallhäufungen spielten Zusammenhänge mit einem möglicherweise hochwasserbeeinflussten Trinkwasser – anscheinend – keine nennenswerte Rolle.

Wie in Kapitel 2.3 und 2.4 dargelegt, ist die Surveillance von Infektionskrankheiten bereits unter normalen Verhältnissen Limitationen unterworfen, die sich einerseits durch den Schweregrad der Erkrankung und andererseits durch Prämissen des Meldesystems selbst ergeben. Systematische Verfahren der Infektionskrankheiten-Surveillance werden in der Regel auf Landesebene zur Erkennung auffälliger Häufungen im Infektionsgeschehen eingesetzt, und lokale Ausbrüche werden oft „zufällig entdeckt“ – häufig bevor sie dem Meldewesen auffallen (vgl. z.B. wasserbürtiger Giardiasis-Ausbruch in Rheinland-Pfalz und *Salmonella enteritidis*-Ausbruch in Kindertagesstätten in Sachsen-Anhalt; Gornik et al. 2001, RKI 2007c, siehe auch Fell 2007).

In Katastrophensituationen kann die Meldung von Erkrankungsfällen behindert werden durch Beeinträchtigungen oder Zerstörungen der für die Nutzung und das reibungslose Funktionieren von Gesundheitsdienstleistungen notwendigen Infrastruktur (z.B. Arztpraxen, Labore, Krankenhäuser, Gesundheitsämter, Apotheken, Post, Verkehr, Telekommunikation, Stromversorgung, Wasserversorgung, Lebensmittelversorgung oder Informationstechnologie). Folgen sind, wie in Kapitel 6.5 beschrieben, eine geringere Bereitschaft bzw. Möglichkeit von Erkrankten zu Arztbesuchen und – eventuell auch aus persönlichen Gründen – ein stärkerer Trend zur Selbstmedikation (Azziz-Baumgartner et al. 2005, Bigl et al. 2003, DGK 2002b, Orellana 2002, von Kirchbach et al. 2002).

Daher ist zu untersuchen, wie das bestehende Surveillance-System in Katastrophensituationen effektiv genutzt werden kann und wie gegebenenfalls Schwächen des Systems ausgeglichen werden können. In Informations- und Trainingsangeboten zur speziellen Surveillance in Katastrophensituationen (z.B. von Seiten der Landesgesundheitsämter oder des RKI für Ärzte, Apotheker und Personal in Krankenhäusern und Gesundheitsämtern) besteht die Chance, die Surveillance-Situation auch unabhängig von extremen Ereignissen zu verbessern (z.B. angelehnt an „ÖGD-Kurse“ zur Angewandten Infektionsepidemiologie des RKI, Fell 2007).

Derartige Schulungen könnten zudem dazu beitragen, epidemiologische Untersuchungen bei Fallhäufungen zeitnah durchzuführen, und engmaschige Kontrollen des Trinkwassers sowohl auf mikrobiologische Parameter als auch – in Verdachtsfällen – auf endemische Krankheitserreger zu veranlassen (vgl. Kapitel 7.1.2). Die Schulungsinhalte könnten abgerundet werden durch Hilfestellungen für das Ziehen von Schlussfolgerungen aus den Untersuchungsergebnissen sowie für das Ergreifen adäquater Public Health-Maßnahmen, die auch in Katastrophensituationen umsetzbar sind. Matrixstrukturierte Maßnahmenkataloge, die abhängig vom Ereignis Handlungsempfehlungen aufzeigen, wären hierfür hilfreich.

Zu speziellen Angeboten für die Surveillance während eines Katastrophenereignisses gehören Methoden des Rapid Needs Assessment, das heißt der zeitnahen Abschätzung der Bedürfnisse einer Bevölkerung in Krisensituationen, oder der Syndromic Surveillance, unter der die syndrombasierte Überwachung des Infektionsgeschehens zu verstehen ist. Beim Rapid Needs Assessment werden während einer Krisensituation durch eine zeitnahe Befragung zufällig ausgewählter Betroffener die Bedürfnisse der Bevölkerung erhoben. Neben Informationen über den Gesundheitsstatus der Bevölkerung und der Notwendigkeit von Medikamenten zur Behandlung chronischer und akuter Erkrankungen werden zudem auch Informationen über den Zustand der Wasserversorgung und der Abwasserentsorgung eingeholt (CDC 1992, CDC

2006a, vgl. auch Few et al. 2004, Waring et al. 2002). Im Rahmen der Syndromic Surveillance werden zur Ermittlung des Gesundheitszustandes einer Bevölkerung nicht Indikatoren wie Morbidität und Mortalität verwendet, sondern es werden andere Krankheitszeichen wie z.B. Veränderungen im Medikamentenkonsum der Bevölkerung und Häufungen von Arbeitsunfähigkeitsbescheinigungen oder Abwesenheitszeiten in Schulen in Echtzeit beobachtet (vgl. z.B. Balter et al. 2005, Boulos 2004, Das et al. 2005, Edge et al. 2004, Henning 2004, Krause et al. 2005, Risebro & Hunter 2007, Stoto 2005).

Beide Methoden könnten auch das in Deutschland bestehende Surveillance-System ergänzen und effektiv unterstützen. Eine aktive Surveillance der wichtigsten endemischen Infektionskrankheiten ergänzt um Wundinfektionen und Unfälle (vgl. auch CDC 2005c zur Surveillance in Thailand nach dem Tsunami 2004 in Südostasien) ließe eine zeitnahe Erkennung spezieller Bedürfnisse und Entwicklungen in der Bevölkerung zu und könnte einen gezielten und somit ressourcenschonenden Einsatz von Public Health-Maßnahmen in Katastrophensituationen ermöglichen (vgl. auch Bigl et al. (2003) und Williams et al. (2009) zur täglichen Übermittlung von Erkrankungsdaten während des Auguthochwassers 2002 bzw. der Fußballweltmeisterschaft 2006 (vgl. Kapitel 2.4.2)).

Eine „Flood & Health-Task Force“ könnte z.B. in den Landesgesundheitsämtern, am RKI oder auf europäischer Ebene für grenzüberschreitende Hochwasser im „European Centre for Disease Prevention and Control“ (ECDC) eingerichtet werden, aus der im Katastrophenfall Experten in ein Katastrophengebiet entsendet werden können, um zusammen mit den Verantwortlichen vor Ort ein Rapid Needs Assessment aufzubauen, in das Komponenten der Syndromic Surveillance einfließen.

Vergleichbar wäre diese mit Task Force-Teams für „Aufsuchende Epidemiologie“ des RKI (Fock 2007, siehe auch United Nations Economic Commission for Europe & WHO Euro 2008), der „CBRN Task force“ für chemische oder biologische Unfälle oder Anschläge des BBK (Trebbe & Wilbert 2008) oder der „Hochwasser-Task force“ im Umweltforschungszentrum Leipzig (Helmholtz Zentrum für Umweltforschung 2002, URL 7). Um z.B. Änderungen in der Verkaufstatistik von Antidiarrhoika direkt erkennen zu können, wäre hierfür bereits im Vorfeld einer Katastrophe eine enge Zusammenarbeit zwischen Apotheken, Krankenkassen und Gesundheitsämtern erforderlich.

Da in Deutschland aufgrund einer bisher nur geringen Anzahl aufgedeckter wasserbürtiger Ausbrüche kein spezielles Trinkwassersurveillance-System zur Verfügung steht (Exner et al. 2001) und eine Einführung derzeit nicht absehbar ist (zur Diskussion eines Für und Wider

nationaler Surveillance-Systeme für wasserbürtige Infektionskrankheiten siehe z.B. Blasi et al. 2008, Carraro et al. 2004, Hunter 1997, Schuster et al. 2005, Smeets et al. 2009, Stanwell-Smith et al. 2003.), könnten in Katastrophensituationen ein Rapid Needs Assessment oder Komponenten der Syndromic Surveillance, die die bestehende Routine-Surveillance unterstützen, dazu beitragen, das Bewusstsein für ein mögliches Auftreten wasserbürtiger Erkrankungen zu stärken.

Voraussetzung hierfür wäre, dass Daten der Infektionssurveillance, aber auch Erhebungen im Rahmen eines Rapid Needs Assessment bzw. der Syndromic Surveillance auf Wasserversorgungsgebietsebene verfügbar sind. Dazu wäre es erforderlich, eine grundlegende Zuordnung von Siedlungsgebieten zu Wasserversorgungsgebieten zu ermöglichen und mit den zuständigen Gesundheitsämtern ein System zu entwickeln, die Erkrankungsdaten nicht nur nach administrativen Grenzen, sondern auch bezogen auf Wasserversorgungsgebiete zusammenzustellen. Ziel ist es, Häufungen schneller zu erkennen, notwendige Laboruntersuchungen von Stuhl- und Wasserproben zu veranlassen und im Rahmen von Fall-Kontroll-Studien Probleme mit der Wasserversorgung und Trinkwasser als mögliches Vehikel für die Krankheitsübertragung einzubringen.

Adäquate Public Health-Maßnahmen wie z.B. eine Erhöhung der Desinfektionsmittelkonzentration, die Aussprache von Abkochgeboten, die Information der Bevölkerung zur Umsetzung von Hygienemaßnahmen oder die gezielte Abgabe abgepackten Wassers an vulnerable Bevölkerungsgruppen könnten so gezielter und ressourcenschonender umgesetzt, und die Auswirkungen von Krisensituationen der Wasserversorgung zukünftig verringert werden.

7.1.4 Erhöhter Personalbedarf

In Katastrophensituationen können Personalausfälle auftreten, weil z.B. Mitarbeiter von der Katastrophe selbst so stark betroffen sind, dass sie ihrer beruflichen Tätigkeit nicht nachgehen können, weil die Arbeitsstätte aufgrund von Transportproblemen nicht erreicht werden kann oder weil Angehörige durch die Schließung von Kindergärten, Schulen oder Pflegeeinrichtungen zuhause versorgt werden müssen. Auf der anderen Seite ergibt sich in vielen Einrichtungen Kritischer Infrastrukturen in Krisensituationen ein erhöhter Personalbedarf z.B. für den Betrieb von Notstromaggregaten, die Nutzung manueller Verfahren z.B. zur Aufbereitung des Trinkwassers, zusätzliche Trinkwasseruntersuchungen, die Versorgung mit Ersatzwasser, die Information der Bevölkerung, die Planung und Durchführung von Massenimpfungen zum

Beispiel gegen Hepatitis A, die epidemiologische Abklärung von Erkrankungshäufungen oder die Anzeige meldepflichtiger Erkrankungen.

Während der Befragung wurde von Seiten der Gesundheitsämter vielfach geäußert, dass die personelle Situation verbesserungswürdig sei (vgl. auch Fußnote 63). Eine schnelle und unkomplizierte Verfügbarkeit von zusätzlichem Personal bzw. von Ersatzpersonal für Krisensituationen und Katastrophenfälle ist daher anzustreben. Hier könnte z.B. ein enger Kontakt zu früheren oder für das Tagesgeschäft nicht verfügbaren Mitarbeitern wie z.B. zu Rentnern, Personen in Elternzeit oder zu aus der Einrichtung ausgeschiedenen Mitarbeitern hilfreich sein, die schnell rekrutierbar und ohne lange Einarbeitungszeit einsatzbereit sind und das vorhandene Personal unterstützen können. Kurzfristig notwendige Kinderbetreuungskapazitäten für Entscheidungsträger oder Spezialisten im Katastropheneinsatz könnten vorab geplant werden und z.B. von Hilfsorganisationen organisiert werden. Auch „Springer“ (z.B. Epidemiologen oder Hygienekontrolleure), die landesweit einsatzbereit sind, könnten in Extremsituationen Personalnotstände auffangen.

7.1.5 Stärkere Vernetzung der Akteure

Die hier vorliegende Studie ist interdisziplinär ausgerichtet und zeigt auf, welche Verbindungen zwischen der Wasserversorgung und der Gesundheitsversorgung in Katastrophensituationen bestehen. Hieraus ist ableitbar, dass sowohl eine interdisziplinäre als auch eine intersektorelle Vernetzung einzelner Akteure bereits vor einem katastrophalen Ereignis gewinnbringend sein kann (siehe z.B. auch Gottschalk et al. 2009, Risebro & Hunter 2007, Stanwell-Smith et al. 2003, vgl. auch Schoop 2009 zur geplanten Anpassung von Desinfektionsmaßnahmen an Großschadensereignisse und den Katastrophen- und Verteidigungsfall im Rahmen der Novelle der TrinkwV).

Zur Umsetzung ist zunächst die Bewusstseinsbildung über enge Zusammenhänge zwischen den Bereichen Wasserversorgung, Gesundheitsversorgung und Bevölkerungsschutz notwendig. Zum einen könnte zwischen Verantwortlichen im Gesundheitsbereich und Wasserversorgern im Rahmen eines Krisenmanagements ein enger Kontakt aufgebaut werden (z.B. Einbeziehung von jeweiligen Vertretern in Krisenstäbe oder als Fachberater). Ein wichtiges Thema ist hier die Vorbereitung auf den Umgang mit potentiellen Kontaminationen des Trinkwassers vor allem mit endemischen Krankheitserregern und mit Schadstoffen. Szenario-gestützt sollte überlegt und festgelegt werden, welche Handlungen bei welchen Erregerfunden oder Schadstoffgehalten im Trinkwasser erfolgen sollten.

Da sowohl die Wasser- als auch die Gesundheitsversorgung insbesondere von der Stromversorgung abhängig sind (Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung des Wassers, Behandlungsmöglichkeiten in Arztpraxen und Krankenhäusern, Funktionsfähigkeit von Gesundheitsämtern, etc.) sollten auch Vertreter der jeweiligen Stromversorger in die Krisenstabsarbeit einbezogen werden. Hierdurch besteht die Möglichkeit z.B. Vorranggebiete der Versorgung zu definieren, falls Versorgungsengpässe zu erwarten sind (z.B. für Wasserversorger, Krankenhäuser, Gesundheitsämter etc.).

Zum anderen ist auch eine Vernetzung zwischen benachbarten Gesundheitsämtern hilfreich, wenn es um den Austausch von Informationen über auffällige Krankheitsgeschehen geht. Die Ergebnisse der Befragung der vorliegenden Studie zeigten, dass eine Vernetzung zwischen benachbarten Gesundheitsämtern eines Bundeslandes bzw. zwischen grenznahen Ämtern benachbarter Bundesländer nicht selbstverständlich ist. Ein persönlicher Austausch würde zeitnah die Möglichkeit unterstützen, über das Internetportal SurvStat@RKI des RKI (URL 9) Informationen über das Infektionsgeschehen in benachbarten Kreisen zu erhalten. Hilfestellungen zur Vernetzung z.B. von Seiten des Bundeslandes könnten den Informationsfluss unterstützen, um frühzeitig Warnhinweise auf Häufungen zu erhalten und einen notwendigen Handlungsbedarf hieraus abzuleiten.

7.2 Weiterer Forschungsbedarf

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie lassen Fragen offen bzw. zeigen weiteren Forschungsbedarf auf. Mit den angewandten statistischen Methoden und auch durch die Befragung der Gesundheitsämter konnte z.B. nicht abschließend geklärt werden, ob mit Krankheitserregern belastetes Trinkwasser einen auslösenden Faktor für die Fallhäufungen hatte, die in den Hochwasserkreisen in Einrichtungen wie Schulen und Altenheimen registriert wurden. Vor allem für künftige Katastrophenereignisse in Deutschland besteht daher ein weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich anzuwendender Studiendesigns und Methoden.

Im Rahmen dieser Studie wurden Verfahren gewählt, die auf Landesebene zur Surveillance von Infektionskrankheiten genutzt werden. Die Anwendung der Surveillance-Methoden stellt einen ersten Schritt dar, um Auffälligkeiten im Infektionsgeschehen zu erkennen. Häufungen können dann mit weiteren Verfahren, wie z.B. mit Fall-Kontroll-Studien oder retrospektiven Kohortenstudien analysiert werden, um zu untersuchen, ob es sich bei der Häufung um einen Ausbruch handelt und welche Ursachen für die Ansammlung von Fallzahlen verantwortlich sind. Vorteil der Surveillance-Verfahren ist ihre Einfachheit, mit der schnell Auffälligkeiten

im Infektionsgeschehen zu erkennen sind, wenn Vergleichswerte vorliegen. Schwierigkeiten bereiten jedoch Fallhäufungen in den Referenzzeiträumen, so dass für eine standardmäßige Anwendung dieser Verfahren nach Möglichkeiten gesucht werden sollte, um Extrema der Vergangenheit zu eliminieren.

Infolgedessen ergibt sich ein weiterer Forschungsbedarf für die Identifizierung der für Katastrophensituationen am besten geeigneten Verfahren zur Erkennung von Erkrankungshäufungen. Es sollte geprüft werden, inwiefern z.B. die Analyse von Krankheitshäufungen hinsichtlich epidemischer Kurven, Infektionsrate (Attack Rate) sowie Alters- und Geschlechtsverteilung Anhaltspunkte für die Infektionsquelle Trinkwasser liefern kann (vgl. hierzu auch epidemische Kurven der wasserbürtigen Ausbrüche in Hrudehy & Hrudehy 2004).

Für gängige Surveillance-Methoden ist vor allem eine Spezifizierung auf bestimmte Krankheiten und Raumeinheiten zu testen (z.B. administrative Einheiten oder Wasserversorgungsgebiete). Untersucht werden sollte auch, welche statistischen Verfahren ohne umfangreiche Statistik-Kenntnisse möglichst fehlerfrei angewendet werden können (z.B. bei Personalmangel in Katastrophensituationen) und wie ihr schneller Einsatz im Rahmen einer Katastrophe gewährleistet werden kann (z.B. auch bei Stromausfällen und Ausfällen der Informationstechnologie). Auch die Möglichkeit der Einbindung eines Rapid Needs Assessment und von Komponenten der Syndromic Surveillance zur Unterstützung des bestehenden Surveillance-Systems ist abzuklären.

Zur Durchführung von Fall-Kontroll-Studien oder retrospektiven Kohortenstudien sollten standardisierte Fragebögen entwickelt werden, mit denen untersucht werden kann, ob Trinkwasser als Auslöser für Fallhäufungen in Frage kommt. Diese sollten auch gezielte Fragen nach der Menge des tatsächlich konsumierten Trinkwassers (inkl. der Nutzung von Trinkwasser zur Zubereitung von Speisen und zum Zähneputzen) vor und während des Katastrophenereignisses beinhalten.

Wird bei einer epidemiologischen Abklärung Trinkwasser als Infektionsquelle identifiziert, können mit weiteren Studien die Umsetzung der am besten geeigneten Public Health-Maßnahmen analysiert, der Bedarf und die Kosten für die Behandlung von Erkrankten abgeschätzt (vgl. auch Rice et al. 2006) und Langzeitfolgen von wasserbürtigen bzw. hygieneabhängigen Infektionskrankheiten untersucht werden (vgl. z.B. Garg et al. 2006, Marshall et al. 2006). In derartige Studien integriert werden kann auch die Frage nach katastrophenassoziierten gesundheitlichen Konsequenzen für vulnerable Gruppen, da diese speziellen Risiken

durch Trinkwasserkontaminationen ausgesetzt sind, und den am besten geeigneten gruppenspezifischen Schutzvorkehrungen.

Weiterer Forschungsbedarf wird zudem in der Untersuchung der Beachtung von Abkochgeboten in Deutschland gesehen. Bei einer derartigen Untersuchung sollten unter anderem sozioökonomische und Alters- und Geschlechts-Unterschiede hinsichtlich der Befolgung dieses Gebotes analysiert werden. Hierdurch könnten zielgruppenspezifische Informationsstrategien für Notfälle entwickelt werden, in denen das Abkochgebot das Mittel der Wahl darstellt.

Wasserbürtige bzw. hygieneabhängige Infektionskrankheiten stellen nur einen Teil der möglichen gesundheitlichen Folgen eines Katastrophenereignisses und speziell eines Hochwassers dar. Weitere hochwasserassoziierte gesundheitliche Konsequenzen können sich aus chemischen Kontaminationen des Flutwassers, aus Unfällen, Verletzungen sowie mentalen Folgen (inklusive Suiziden) und dem Auftreten von Schimmelpilzallergien und Asthma nach dem Extremereignis ergeben. Wie in Kapitel 2.7.3 bereits aufgezeigt, gibt es hierzu bereits Forschungsansätze, die jedoch bezogen auf das Augusthochwasser 2002 noch intensiviert werden können.

8 Fazit

Die vorliegende Studie „Vulnerabilität der Kritischen Infrastruktur Wasserversorgung gegenüber Naturkatastrophen – Auswirkungen des Augusthochwassers 2002 auf die Wasserversorgung und auf das Infektionsgeschehen der Bevölkerung in Sachsen und Sachsen-Anhalt“ stellte eine Verbindung her zwischen Informationen zur Betroffenheit der Wasserversorgung während des Augusthochwassers 2002 in ausgewählten Kreisen Sachsens und Sachsen-Anhalts und dem Infektionsgeschehen wasserbürtiger und hygieneabhängiger Infektionskrankheiten vor, während und nach diesem Hochwasserereignis.

In den ausgewählten Kreisen zeigte sich eine hohe Vulnerabilität der Wasserversorgung gegenüber dem Hochwasser sowohl im Bereich der Wasserqualität als auch bezogen auf die quantitative Versorgung. Aus den Ergebnissen ist ableitbar, dass Schutzvorkehrungen gegenüber derartigen Gefahren in Einrichtungen der Kritischen Infrastruktur Wasserversorgung etabliert werden sollten, wenn derartige Vorkehrungen nicht bereits getroffen wurden, da aufgrund des anthropogenen Klimawandels in Zukunft mit häufigeren und intensiveren hydrometeorologischen Extremereignissen zu rechnen ist.

Aufgrund der Studienergebnisse konnte zudem eine deutlich höhere Zahl an größeren Fallhäufungen potentiell wasserbürtiger bzw. hygieneabhängiger Infektionskrankheiten in den hochwasserbetroffenen Kreisen identifiziert werden, so dass die Studienhypothese zu bestätigen war. Auch wenn im Falle des Augusthochwassers 2002 kein klarer Hinweis auf einen kausalen Zusammenhang zwischen den Fallhäufungen und hochwasserbedingten Versorgungseinschränkungen und -ausfällen der Wasserversorgung sowie Trinkwasserkontaminationen gefunden wurde, erscheint es für zukünftige Katastrophenereignisse notwendig und sinnvoll,

- das Bewusstsein und die Surveillance hinsichtlich wasserbürtiger bzw. für den Fall von Versorgungsausfällen auch von hygieneabhängigen Infektionserregern zu stärken,
- bei ungewöhnlich häufigen Fallzahlen zeitnah und dem Stand der Technik entsprechend auch Trinkwasserproben zu entnehmen und diese auf wasserbürtige Krankheitserreger zu untersuchen,
- den Austausch zwischen benachbarten Gesundheitsämtern zu stärken hinsichtlich des Erkrankungs geschehens (vor allem bei Wasserversorgungsgebieten, die Kreisgebiete übergreifen) und

- einen speziellen Fokus auf vulnerable Gruppen sowohl bei der Versorgung mit Trinkwasser selbst als auch hinsichtlich einer höheren Suszeptibilität gegenüber Krankheitserregern zu legen.

Adäquate Public Health- und insbesondere Hygiene-Maßnahmen sind vorzubereiten, um bei Wasserversorgungsproblemen schnell eine Ersatzversorgung angepasst an die Bedürfnisse der Bevölkerung zu etablieren sowie auffällige Häufungen im Krankheitsgeschehen erkennen und Handlungsempfehlungen umsetzen zu können.

9 Literatur

Publikationen und Internetlinks

- Aavitsland, P., Iversen, B. G., Krogh, T., Fonahn, W., Lystad, A.: Infections during the 1995 flood in Ostlandet. Prevention and Incidence. In: Tidsskrift for Den norske legeforening, Vol. 116, Nr. 17, 1996, S. 2038-2043.
- Abbott, D.: Disaster Public Health Considerations. In: Prehospital and Disaster Medicine, Vol. 15, Nr. 4, 2000, S. 158-166.
- Abraham, W. R.: Schicksal fakultativ pathogener Mikroorganismen während und nach dem Sommerhochwasser 2002 an Elbe und Mulde. In: Geller, W., Ockenfeld, K., Böhme, M., Knöchel, A. (Hrsg.): Schadstoffbelastung nach dem Elbe-Hochwasser 2002 (Endbericht). Bundesministerium für Bildung und Forschung. Berlin: Selbstverlag, 2004, S. 101-104.
- Ahern, M., Kovats, R. S., Wilkinson, P., Few, R., Matthies, F.: Global Health Impacts of Floods: Epidemiologic Evidence. In: Epidemiologic Reviews, Vol. 27, Nr. 1, 2005, S. 36-46.
- Alcamo, J., Moreno, J. M., Nováky, B., Bindi, M., Corobov, R., Devoy, R. J. N., Giannakopoulos, C., Martin, E., Olesen, J. E., Shvidenko, A.: Europe. In: IPCC. Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P. J., Hanson, C.E. (Hrsg.): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007, S. 541-580.
- Aldrich N., Benson, W. F.: Disaster preparedness and the chronic disease needs of vulnerable older adults. In: Preventing Chronic Disease, Vol. 5, Nr. 1, 2008, S. A27.
- Alexander, D.: The Study of Natural Disasters, 1977-1997: Some Reflections on a Changing Field of Knowledge. In: Disasters, Vol. 21, Nr. 4, 1997, S. 284-304.
- Ammon, A., Schmidt, K., Bräunig, J.: Lebensmittelinfektionen in Deutschland. In: Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, Vol. 43, Nr. 10, 2000, S. 751-757.
- Andritschke, N.: Mit dem Risiko Hochwasser leben? Nach der Flut ist vor der Flut. In: Wasserwirtschaft Wassertechnik, Vol. 12, 2003, S. 13-16.
- Apelt, S. M.: Die Hochwasserkatastrophe 2002 in Sachsen: Die psychischen und psychosomatischen Folgen von Naturkatastrophen in Deutschland. Saarbrücken: VdM Verlag Dr. Müller, 2007.
- Ärzte-Zeitung: Vielerorts standen die Menschen für Schutzimpfungen Schlange. 30.08.2002.
- Atchison, C. G., Wintermeyer, L. A., Kelly, J. R., Currier, R., Vogel, C.: Public health consequences of a flood disaster – Iowa. In: Morbidity and Mortality Weekly Report, Vol. 42, Nr. 34, 1993, S. 653-656.
- Auld, H., MacIver, D, Klaassen, J.: Heavy rainfall and waterborne disease outbreaks: the Walkerton example. In: Journal of Toxicology and Environmental Health A, Vol. 67, Nr. 20-22, 2004, S. 1879-1887.

- Azziz-Baumgartner, E., Wolkin, A., Sanchez, C., Bayleyegn, T., Young, S., Kieszak, S., Oberst, K., Batts, D., Thomas, C. C., Rubin, C.: Impact of Hurricane Ivan on pharmacies in Baldwin County, Alabama. In: *Journal of the American Pharmacists Association*, Vol. 45, Nr. 6, 2005, S. 670-675.
- Balter, S., Weiss, D., Hanson, H., Reddy, V., Das, D., Heffernan, R.: Three years of emergency department gastrointestinal syndromic surveillance in New York City: what have we found? In: *Morbidity and Mortality Weekly Report*, Vol. 54, Nr. 1, Suppl., 2005, S. 175-180.
- Bartel, H., Krüger, W., Mendel, B., Suhr, R.: Die Trinkwasserverordnung 2001 – bewährt oder revisionsbedürftig? In: *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, Vol. 50, Nr. 3, 2007, S. 265-270.
- Bartels, H., Kolokotronis, V., Zimmermann, L.: Klimaentwicklung und Hochwasserschutz. In: *Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Klimastatusbericht 2005*. Offenbach am Main: Selbstverlag, S. 33-43.
- Bayerischer Forschungs- und Aktionsverbund Public Health (Hrsg.): *Handbuch Epidemiologie*. München: Selbstverlag, 2002.
- Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit: Grafische Darstellung wichtiger Infektionskrankheiten. In: *LGL-Monitor Infektionsepidemiologie*, Nr. 5, 2005, S. 5-7.
- Bigl, S., Beier, D., Merbecks, S. S.: Die Flutkatastrophe im August 2002 und ihre Auswirkungen auf die Infektionskrankheiten im Freistaat Sachsen. In: *LUA-Mitteilungen*, Nr. 9, 2003, S. 25-33.
- Bissell, R. A.: Delayed-impact infectious disease after a natural disaster. In: *Journal of Emergency Medicine*, Vol. 1, Nr. 1, 1983, S. 59-66.
- Bissolli, P., Göring, L., Lefebvre, C.: Extreme Wetter- und Witterungsereignisse im 20. Jahrhundert. In: *Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Klimastatusbericht 2001*. Offenbach am Main: Selbstverlag, 2001, S. 20-30.
- Black, R. E., Morris, S. S., Bryce, J.: Where and why are 10 million children dying every year? In: *The Lancet*, Vol. 361, Nr. 9376, 2003, S. 2226-2234.
- Blasi, M. F., Carere, M., Pompa, M. G., Rizzuto, E., Funari, E.: Water-related diseases outbreaks reported in Italy. In: *Journal of Water and Health*. Vol. 6, Nr. 3, 2008, S. 423-432.
- Böhme, M., Krüger, F., Ockenfeld, K., Geller, W.: *Schadstoffbelastung nach dem Elbe-Hochwasser 2002. Eine Kurz-Darstellung der Fakten und Hilfen zu deren Bewertung*. Magdeburg: Selbstverlag 2005.
- Bogner, A., Menz, W.: Das theoriegenerierende Experteninterview. Erkenntnisgewinne, Wissensformen, Interaktion. In: *Bogner, A., Littig, B., Menz, W. (Hrsg.): Das Experteninterview. Theorie, Methode, Anwendung*. Opladen: Leske + Budrich, 2002, S. 33-70.
- Bortz, J., Döring, N.: *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. In: *Springer-Lehrbuch*. 4. Aufl., Berlin: Springer, 2006.
- Botzenhart, K.: *Trinkwasser*. In: *Walter, R. (Hrsg.): Umweltvirologie*. Wien/New York: Springer, 2000, S. 57-84.
- Botzenhart, K.: *Viren im Trinkwasser*. In: *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, Vol. 50, Nr. 3, 2007, S. 296-301.

- Boulos, M. N. K.: Towards evidence-based, GIS-driven national spatial health information infrastructure and surveillance services in the United Kingdom. In: *International Journal of Health Geographics*, Vol. 3, Nr. 1, 2004, S. 1.
- Bouzid, M., Steverding, D., Tyler, K. M.: Detection and surveillance of waterborne protozoan parasites. In: *Current Opinion in Biotechnology*, Vol. 19, Nr. 3, 2008, S. 302-306.
- Bove, G. E., Rogerson, P. A., Vena, J. E.: Case-control study of the effects of trihalomethanes on urinary bladder cancer risk. In: *International Archives of Occupational and Environmental Health*, Vol. 62, Nr. 1, 2007a, S. 39-47.
- Bove, G. E., Rogerson, P. A., Vena, J. E.: Case control study of the geographic variability of exposure to disinfectant byproducts and risk for rectal cancer. In: *International Journal of Health Geographies*, Vol. 6, 2007b, S. 18.
- Bradley, D.: Health aspects of water supplies in tropical countries. In: Feachem, R., McGarry, M., Mara, D. (Hrsg.): *Water, Wastes and Health in Hot Climates*. London: John Wiley & Sons, 1977, S. 3-17.
- Brandt, M., Brown, C., Burkhart, J., Burton, N., Cox-Ganser, J., Damon, S., Falk, H., Fridkin, S., Garbe, P., McGeehin, M., Morgan, J., Page, E., Rao, C., Redd, S., Sinks, T., Trout, D., Wallingford, K., Warnock, D., Weissman, D.: Mold prevention strategies and possible health effects in the aftermath of hurricanes and major floods. In: *Morbidity and Mortality Weekly Report*, Vol. 55, Nr. RR-8, 2006, S. 1-27.
- British Standards Institution: *Business continuity management. Code of practice. BS 25999-1*. London: Selbstverlag, 2006.
- Bryman, A.: *Social research methods*. 2. Aufl., Oxford: Oxford University Press, 2004.
- Buehler, J. W.: Surveillance. In: Rothman, K. J., Greenland, S. (Hrsg.): *Modern Epidemiology*. 2. Aufl., Philadelphia: Lippincott-Raven, 1998, S. 435-457.
- Bühning, P.: Psychotherapeutische Hilfe für Hochwasser-Opfer: Zunehmender Bedarf. In: *Deutsches Ärzteblatt*, Vol. 9, 2002, S. 385.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): *Begriffe, Erläuterungen, Definitionen*. O. J., http://www.bbk.bund.de/cln_027/nn_398034/DE/06__Fachinformationsstelle/09__Definitionen/Definitionen_node.html_nnn=true (abgerufen am 28.10.2009).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): *Problemstudie: Risiken für Deutschland, Teil 1. Gefahrenpotentiale und Gefahrenprävention für Staat, Wirtschaft und Gesellschaft aus Sicht des Bevölkerungsschutzes*. Auszug. In: *Wissenschaftsforum*. Band 6, Bad Neuenahr-Ahrweiler: Selbstverlag, 2005.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Hrsg.): *Für den Notfall vorgesorgt. Vorsorge und Eigenhilfe in Notsituationen*. 9. Aufl., Bonn: Selbstverlag, 2007.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): *Katastrophenschutzgesetze der Bundesländer mit Änderungsgesetzen und Fundstellen*, Stand: 18. 01. 2008, 2008a, http://www.bbk.bund.de/cln_027/nn_398542/DE/06__Fachinformationsstelle/02__Rechtsgrundlagen/04__Bundeslaender/ListeKatSG,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/ListeKatSG.pdf (abgerufen am 24.01.2008).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Hrsg.): *Schutz Kritischer Infrastruktur: Risikomanagement im Krankenhaus*. Bonn: Selbstverlag, 2008b.

- Bundesanstalt für Gewässerkunde: Das Auguthochwasser 2002 im Elbegebiet. Koblenz: J. Fuck, Druck und Verlag, 2002.
- Bundesministerium des Innern (BMI): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Basisschutzkonzept. Empfehlungen für Unternehmen. Berlin: Selbstverlag, 2005.
- Bundesministerium des Innern (BMI): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko- und Krisenmanagement. Leitfaden für Unternehmen und Behörden. Berlin: Selbstverlag, 2007.
- Bundesministerium des Innern (BMI): Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie). Berlin: Selbstverlag, 2009a.
- Bundesministerium des Innern (BMI): Strategie für einen modernen Bevölkerungsschutz. AL KM, 27.01.2009b, o. O.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Elbehochwasser: Bund und Länder vereinbaren gemeinsames Vorgehen. BMU-Pressedienst Nr. 193/02, Berlin, 18.08.2002, 2002a.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Informationen zur Gewässerqualität im Hochwassergebiet. BMU Pressedienst Nr. 192/02, Berlin, 17.08.2002, 2002b.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Tipps zur Vorbeugung gegen Krankheiten bei Hochwasser. Presseinformation des Bundesumweltamtes vom August 2002, 2002c.
- Bundesministerium für Gesundheit, Umweltbundesamt (UBA): Bericht des Bundesministeriums für Gesundheit und des Umweltbundesamtes an die Verbraucherinnen und Verbraucher über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasser) in Deutschland gemäß Artikel 13 der Richtlinie 98/83/EG des Rates vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (EG-Trinkwasserrichtlinie) (ABl. EG Nr. L 330/32) und gemäß § 21 der Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch vom 21. Mai 2001 (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001) anhand des Schemas eines Fragebogens (Entscheidung der Kommission vom 25. Juli 1995, ABl. EG Nr. L 200/1). Berichtszeitraum: 1. Januar 2005 bis 31. Dezember 2007. Bonn/Dessau: Selbstverlag, 2008.
- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW): Lexikon. Wasser-Kompass: Zahlen, Daten, Fakten! O. O. 2009. http://www.bdew.de/bdew_eks.nsf/id/trinkwasser.info_Lexikon (abgerufen am 12.08.2009).
- Cacciapuoti, B., Ciceroni, L., Maffei, C., Di Stanislao, F., Strusi, P., Calegari, L., Lupidi, R., Scalise, G., Cagnoni, G., Renga, G.: A waterborne outbreak of leptospirosis. In: American Journal of Epidemiology, Vol. 126, Nr. 3, 1987, S. 535-545.
- Carlson, S.: Mikrobiologie des Wassers. In: Höll, K., Grohmann, A. (Hrsg.): Wasser. Nutzung im Kreislauf, Hygiene, Analyse und Bewertung. 8. Aufl., Berlin: de Gruyter, 2002, S. 285-387.
- Carraro, E., Bonetta, S., Palumbo, F., Gilli, G.: Rischio microbiologico associato al consumo di acqua potabile nei paesi industrializzati [Microbiological risk associated with consumption of drinking water in developed countries]. In: Annali dell'Istituto Superiore di Sanita, Vol. 40, Nr. 1, 2004, S. 117-140.
- Castell-Exner, C.: Das Multi-Barrieren-System: Basis für eine sichere und nachhaltige Trinkwasserversorgung. In: Energie Wasser Praxis, Nr. 10, 2001, S. 24-29.

- Center for Intestinal Infectious Disease: Report of the Study of Infectious Intestinal Disease in England. London: Stationary Office. 2001.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC): Emergency Preparedness and Response. Floods. O. J., <http://www.bt.cdc.gov/disasters/floods/index.asp> (abgerufen am 28.10.2009).
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC): Current Trends Update: Graphic Method for Presentation of Notifiable Disease Data – United States, 1990. In: Morbidity and Mortality Weekly Report, Vol. 40, Nr. 7, 1991, S. 124-125.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC): Rapid health needs assessment following hurricane Andrew – Florida and Louisiana, 1992. In: Morbidity and Mortality Weekly Report, Vol. 41, Nr. 37, 1992, 685-688.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC): Morbidity Surveillance Following the Midwest Flood - Missouri, 1993. In: Morbidity and Mortality Weekly Report, Vol. 42, Nr. 41, 1993a, S. 797-798.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC): Public Health Consequences of a Flood Disaster - Iowa, 1993. In: Morbidity and Mortality Weekly Report, Vol. 42, Nr. 34, 1993b, S. 653-656.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC): Updated Guidelines for Evaluating Public Health Surveillance Systems. Recommendations from the Guidelines Working Group. In: Morbidity and Mortality Weekly Report, Vol. 50, Nr. RR13, 2001, S. 1-35.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC): Framework for Evaluating Public Health Surveillance Systems for Early Detection of Outbreaks. In: Morbidity and Mortality Weekly Report, Vol. 53, Nr. RR-5, 2004a, S. 1-11.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC): Rapid Community Health Needs Assessment after Hurricanes Isabel and Charley - North Carolina, 2003-2004. In: Morbidity and Mortality Weekly Report, Vol. 53, Nr. 36, 2004b, S. 840-842.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC): Infectious Disease and Dermatologic Conditions in Evacuees and Rescue Workers after Hurricane Katrina – Multiple States, August-September, 2005. In: Morbidity and Mortality Weekly Report, Vol. 54, Nr. 38, 2005a, S. 961-964.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC): Norovirus outbreak among evacuees from hurricane Katrina – Houston, Texas, September 2005. In: Morbidity and Mortality Weekly Report, Vol. 54, Nr. 40, 2005b, S. 1016-1018.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC): Rapid health response, assessment, and surveillance after a tsunami – Thailand, 2004-2005. In: Morbidity and Mortality Weekly Report, Vol. 54, Nr. 3, 2005c, S. 61-64.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC): Illness Surveillance and Rapid Needs Assessment among Hurricane Katrina Evacuees – Colorado, September 1-23, 2005. In: Morbidity and Mortality Weekly Report, Vol. 55, Nr. 09, 2006a, S. 244-247.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC): Surveillance for illness and injury after Hurricane Katrina-three counties, Mississippi, September 5-October 11, 2005. In: Morbidity and Mortality Weekly Report, Vol. 55, Nr. 9, 2006b, S. 231-234.

- Charron, D. F., Thomas, M. K., Waltner-Toews, D., Aramini, J. J., Edge, T., Kent, R. A., Maarouf, A. R., Jeff, W.: Vulnerability of Waterborne Diseases to Climate Change in Canada: A Review. In: *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, Vol.67, 2004, S. 1667-1677.
- Checkoway, H., Pearce, N., Kriebel, D.: *Research Methods in Occupational Epidemiology*. 2. Aufl., Oxford University Press, New York. 2004.
- Clark, R. M., Deiniger, R. A.: Protecting the Nation's Critical Infrastructure: The Vulnerability of U.S. Water Supply Systems. In: *Journal of Contingencies and Crisis Management*, Vol. 8, Nr. 2, 2000, S. 73-80.
- Commission of the European Communities: Communication from the Commission on a European Programme for Critical Infrastructure Protection. Brussels, 12.12.2006. COM(2006) 786 final. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0786:FIN:EN:PDF> (abgerufen am 28.10.2009).
- Cortés-Ortiz, I. A., Rodríguez-Angeles, G., Moreno-Escobar, E. A., Tenorio-Lara, J. M., Torres-Mazadiego, B. P., Montiel-Vázquez, E.: Brote causado por *Escherichia coli* en Chalco, México [Outbreak caused by *Escherichia coli* in Chalco, Mexico]. In: *Salud Pública de México*, Vol. 44, Nr. 4, 2002, S. 297-302.
- Cretikos, M. A., Merritt, T. D., Main, K., Eastwood, K., Winn, L., Moran, L., Durrheim, D. N.: Mitigating the health impacts of a natural disaster – the June 2007 long-weekend storm in the Hunter region of New South Wales. In: *The Medical Journal of Australia*, Vol. 187, Nr. 11/12, 2007, S. 670-673.
- Curriero, F. C., Patz, J. A., Rose, J. B., Lele, S.: The Association Between Extreme Precipitation and Waterborne Disease Outbreaks in the United States, 1948–1994. In: *American Journal of Public Health*, Vol. 91, 2001, S. 1194-1199.
- Dangendorf, F.: Trinkwasserbedingte gastrointestinale Infektionen auch in Deutschland? Eine Analyse der geographischen Verbreitung gastrointestinaler Infektionen mit Berücksichtigung der Trinkwasserversorgungsstruktur am Beispiel des Rheinisch-Bergischen Kreises. 2003. Dissertation, Universität Bonn. http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss_online/math_nat_fak/2003/dangendorf_friederike/0249.pdf (abgerufen am 17.07.2009).
- Das, D., Metzger, K., Heffernan, R., Balter, S., Weiss, D., Mostashari, F.: Monitoring over-the-counter medication sales for early detection of disease outbreaks – New York City. In: *Morbidity and Mortality Weekly Report*, Vol. 54, Nr. 1, Suppl., 2005, S. 41-46.
- De Ville de Goyet, C.: Epidemics after Natural Disasters: A Highly Contagious Myth. In: *Natural Hazards Observer*, Vol. 31, Nr. 3, 2007, S. 15.
- De Wit, M. A. S., Hoogenboom-Verdegaal, A. M. M., Goosen, E. S. M., Sprenger, M. J. W., Borgdorff, M. W.: A population-based longitudinal study on the incidence and disease burden of gastroenteritis and *Campylobacter* and *Salmonella* infection in four regions of the Netherlands. In: *European Journal of Epidemiology*, Vol. 16, Nr. 8, 2000, S. 713-718.
- Declich, S., Carter, A. O.: Public Health Surveillance: historical origin, methods and evaluation. In: *Bulletin of the World Health Organization*, Vol. 72, Nr. 2, 1994, S. 285-304.
- Deutsche Presse-Agentur: Ministerium warnt vor Keimen: Trinkwasser abkochen. Pressemitteilung / Bürgerinformation des Gesundheitsamtes Freiberg vom 14.08.2002.
- Deutsche Rückversicherung: Das Extremhochwasser im August 2002 in Deutschland. Düsseldorf: Selbstverlag, 2002, http://www.deutsche-rueck.de/web/export/sites/dr/_resources/gallerien/downloads/dr_hochwasser_2002.pdf (abgerufen am 02.02.2008).

- Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches (DVGW): Jahresbericht 2007. Sicherheit, Hygiene, Umweltschutz für Gas und Wasser. Bonn: Selbstverlag, o. J.
- Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches (DVGW) (Hrsg.): DVGW-Hinweis W 1050: Vorsorgeplanung für Notstandsfälle in der öffentlichen Trinkwasserversorgung. Bonn: Selbstverlag, 2002.
- Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches (DVGW) (Hrsg.): DVGW-Hinweis W 1020: Empfehlungen und Hinweise für den Fall von Grenzwertüberschreitungen und anderen Abweichungen von Anforderungen der Trinkwasserverordnung. Bonn: Selbstverlag, 2003a.
- Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches (DVGW) (Hrsg.): Unternehmensleitfaden zur Überprüfung der Organisations- und technischen Sicherheit eines Gas-/ Trinkwasserversorgungsunternehmens oder Abwasserentsorgungsunternehmens im Rahmen der DVGW-Arbeitsblätter G 1000 oder W 1000 und des ATV-DVWK-Regelwerkes. DVGW, Bonn: Selbstverlag, 2003b.
- Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches (DVGW) (Hrsg.): DVGW-Arbeitsblatt W 1000: Anforderungen an die Qualifikation und die Organisation von Trinkwasserversorgern. Bonn: Selbstverlag, 2005.
- Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches (DVGW): DVGW-Forum Klimawandel und Wasserversorgung, 18.10.2007 in Bonn, <http://www.dvgw.de/fileadmin/dvgw/wasser/ressourcen/klimawandel.pdf> (abgerufen am 08.01.2008).
- Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches (DVGW) (Hrsg.): DVGW-Hinweis W 1001: Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Risikomanagement im Normalbetrieb. Bonn: Selbstverlag, 2008a.
- Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches (DVGW) (Hrsg.): DVGW-Hinweis W 1002: Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Organisation und Management im Krisenfall. Bonn: Selbstverlag, 2008b.
- Deutscher Wetterdienst: Starkniederschläge in Sachsen im August 2002. Eine meteorologisch-synoptische und klimatologische Beschreibung des Augusthochwassers im Elbegebiet. Offenbach am Main: Selbstverlag, 2002.
- Deutsches Grünes Kreuz (DGK): Hygienemaßnahmen in Überschwemmungsgebieten. In: *impfBlick*, Jg. 1, Sonderausgabe August, 2002a, <http://www.dgk.de/presse/informationsdienst-impfblick/impfblick-2002-jahrgang-1/impfblick-jg-1-sonderausgabe-august-2002.html> (abgerufen am 10.02.2008).
- Deutsches Grünes Kreuz (DGK): Land unter in Sachsen: Grimma steckt im Schlamm. In: *impfBlick*, Jg. 1, Sonderausgabe August, 2002b, <http://www.dgk.de/presse/informationsdienst-impfblick/impfblick-2002-jahrgang-1/impfblick-jg-1-sonderausgabe-august-2002.html> (abgerufen am 10.02.2008).
- Deutsches Institut für Normung: DIN 2000-10: Zentrale Trinkwasserversorgung. Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Versorgungsanlagen. Technische Regel des DVGW. Berlin: Beuth-Verlag, 2000.
- Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge (DKKV) (Hrsg.): Hochwasservorsorge in Deutschland. Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet. Lessons learned. Schriftenreihe des DKKV Nr. 29. Bonn: Selbstverlag, 2003.
- Die Presse: Sturm "Emma": Schaden über 100 Millionen Euro. Stand: 04.03.2008, <http://diepresse.com/home/panorama/oesterreich/366792/index.do?from=rss> (abgerufen am 28.10.2009).

- Die Presse: Millionenschäden durch Hochwasser, Stand: 26.06.2009, 2009a, <http://diepresse.com/home/panorama/oesterreich/490402/index.do> (abgerufen am 14.10.2009).
- Die Presse: Nach Hochwasser: Fäkalkeime im Trinkwasser. Stand: 13.07.2009, 2009b, <http://diepresse.com/home/panorama/oesterreich/494553/index.do> (abgerufen am 14.10.2009).
- Dreesman, J.: Explorative Datenanalyse bei der überregionalen Infektionsüberwachung. Diplomarbeit an der Fernuniversität Hagen. Unveröffentlichtes Manuskript. 2001.
- Dreesman, J., Benzler, J.: Surveillance übertragbarer Krankheiten auf der Grundlage des Infektionsschutzgesetzes in Deutschland durch den öffentlichen Gesundheitsdienst. In: Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, Vol. 48, Nr. 9, 2005, S. 979-989.
- Dreesman, J., Scharlach, H.: Räumlich statistische Analyse von Infektions-Melddaten in Niedersachsen. In: Das Gesundheitswesen, Vol. 66, Nr. 11, 2004, S. 783 - 789.
- Dreesman, J., Villarroel-Conzales D. C., Cleves, D., Reins, H. A., Pulz, M.: Regional erhöhte Inzidenz gemeldeter Kryptosporidiosen durch unterschiedliche Laborroutinen. In: Das Gesundheitswesen, Vol. 69, Nr. 08/09, 2007, S. 483-487.
- Duclos, P., Vidonne, O., Beuf, P., Perray, P., Stoebner, A.: Flash flood disaster – Nîmes, France. In: European Journal of Epidemiology, Vol. 7, Nr. 4, 1991, S. 365-371.
- Edge, V. L., Pollari, F., Lim, G., Aramini, J., Sockett, P., Martin, S. W., Wilson, J., Ellis, A.: Syndromic surveillance of gastrointestinal illness using pharmacy over-the-counter sales: a retrospective study of waterborne outbreaks in Saskatchewan and Ontario. In: Canadian Journal of Public Health, Vol. 95, Nr. 6, 2004, S. 446-450.
- Engelmann, U.: Aktueller Zustand der Abwasserreinigung in Sachsen – Auswirkungen auf den Gewässerzustand. Kurzfassung eines Vortrages, gehalten am 09.04.2003 zum Kongress Wasser Berlin 2003, "Die Hochwasser 2002 und ihre Folgen", http://www.smul.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/documents/Abwasser_Sachsen2.pdf (abgerufen am 22.05.2009).
- Environmental Science and Research (Hrsg.): Estimation of the Burden of Water-borne Disease in New Zealand – Preliminary Report. Wellington: Selbstverlag, 2007.
- Esteve, J., Benhamou, E., Raymond, L.: Statistical Methods in Cancer Research: Descriptive Epidemiology. International Agency for Research on Cancer, Lyon: Selbstverlag, 1994.
- Eurpidou, E., Murray, V.: Public health impacts of floods and chemical contamination. In: Journal of Public Health, Vol. 26, Nr. 4, 2004, S. 376-383.
- Exner, M., Feldhoff, K.-H., Lacombe, M., Lafontaine, J., Zullei-Seibert, N.: Empfehlende Leitlinien bei Grenzwertüberschreitungen im Trinkwasser und bei Auftreten trinkwasserbedingter Erkrankungen. Landesinstitut für den öffentlichen Gesundheitsdienst NRW (Hrsg.). Gelsenkirchen: Selbstverlag, 2005.
- Exner, M., Gebel, J., Heudorf, U., Fischnaller, E., Engelhart, S.: Infektionsrisiken im häuslichen Umfeld. In: Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, Vol. 51, Nr. 11, 2008, S. 1247-1257.
- Exner, M., Gornik, V., Kistemann, T.: Charakterisierung, Risikoeinschätzung und Prävention wasserassoziierter Parasitosen. In: Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, Vol. 44, Nr. 4, 2001, S. 358–363.

- Fehr, R., Vogt, A.: Umweltbezogene Gesundheitsberichterstattung. Verbesserung der Informationsgrundlage im Bereich Umwelt und Gesundheit. In: Landesinstitut für den Öffentlichen Gesundheitsdienst (Hrsg.): Wissenschaftliche Reihe. Band 11. Bielefeld: Selbstverlag, 2001.
- Fell, G.: Zur Rolle der angewandten Infektionsepidemiologie beim Management biologischer Gefahrenlagen. In: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, Robert Koch-Institut (Hrsg.): Biologische Gefahren I. Handbuch zum Bevölkerungsschutz. 3. Aufl., Bonn: Selbstverlag, 2007, S. 62-78.
- Feuerpfeil, I., Hummel, A., Renner, P.: Ausgewählte Aspekte bei der mikrobiologischen Überwachung der Trinkwasserqualität. In: Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, Vol. 50, Nr. 3, 2007, S. 284-290.
- Feuerpfeil, I., Szewzyk, R.: *E. coli*, coliforme Bakterien und Enterokokken. Bedeutung und Bestimmung. In: Grohmann, A., Hässelbarth, U., Schwerdtfeger, W. (Hrsg.): Die Trinkwasserverordnung. 4. Aufl., Berlin: Erich Schmidt Verlag, 2003, S. 201-208.
- Few, R., Ahern, M., Matthies, F., Kovats, R. S.: Floods, health and climate change: a strategic review. Tyndall Centre for Climate Change Research, Working Paper 63. University of East Anglia, Norwich, Großbritannien: Selbstverlag, 2004.
- Few, R., Matthies, F., Ahern, M., Kovats, S.: Flood Hazards and Health: Implications for Action and Research. In: Few, R., Matthies, F. (Hrsg.): Flood Hazards & Health. Responding to Present and Future Risks. London: Earthscan, 2006, S. 168-183.
- Flick, U.: Auswertungsverfahren. In: Schwartz, F. W., Badura, B., Busse, R., Leidl, R., Raspe, H., Siegrist, J., Walter, U. (Hrsg.): Das Public Health Buch. Gesundheit und Gesundheitswesen. 2. Aufl. München/Jena: Urban & Fischer, 2002, S. 435-452.
- Flintrop, J.: Neue Bundesländer: Hochwasser bedroht Existenzen. In: Deutsches Ärzteblatt, Vol. 99, Nr. 34/35, 2002, S. A-2226, B-1896, C-1780.
- Floret, N., Viel, J.-F., Mauny, F., Hoen, B., Piarroux, R.: Negligible Risk for Epidemics after Geophysical Disasters. In: Emerging Infectious Diseases, Vol. 12, Nr. 4, 2006, S. 543-548.
- Fock, R.: Außergewöhnliche biologische Gefahren. In: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, Robert Koch-Institut (Hrsg.): Biologische Gefahren I. Handbuch zum Bevölkerungsschutz. 3. Aufl., Bonn: Selbstverlag, 2007, S. 26-39.
- Forster, J., Hammerschmidt, T.: Krankheitslast durch akute Rotavirus-Gastroenteritis (RV-AGE) in Deutschland: Ein Vergleich offizieller Statistiken mit epidemiologischen Daten. In: Das Gesundheitswesen, Vol. 69, Nr. 4, 2007, S. 227-232.
- Freistaat Sachsen: Bericht der Sächsischen Staatsregierung zur Hochwasserkatastrophe im August 2002. Teil 1, o. O., 2003.
- Fuchs T., Rapp, J.: Zwei außergewöhnlich starke Regenepisoden als Ursache des Oderhochwassers im Juli 1997. In: Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Klimastatusbericht 1997. Offenbach am Main: Selbstverlag, 1998, S. 24-27.
- Fügemann, F.: 2008 für Versicherer zweitbestes Jahr der Geschichte. Natur- und Unwetterkatastrophen nehmen kontinuierlich zu. In: Presstext Austria. 16.12.2008, <http://presstext.at/news/081216030/2008-fuer-versicherer-zweitbestes-jahr-der-geschichte/> (abgerufen am 28.10.2009).

- Gallay, A., De Valk, H., Cournot, M., Ladeuil, B., Hemery, C., Castor, C., Bon, F., Mégraud, F., Le Cann, P., Desenclos, J. C.: A large multi-pathogen waterborne community outbreak linked to faecal contamination of a groundwater system, France, 2000. In: *Clinical Microbiology and Infection*, Vol. 12, Nr. 6, 2006, S. 561-570.
- Garg, A. X., Marshall, J., Salvadori, M., Thiessen-Philbrook, H. R., Macnab, J., Suri, R. S., Haynes, R. B., Pope, J., Clark, W.: A gradient of acute gastroenteritis was characterized, to assess risk of long-term health sequelae after drinking bacterial-contaminated water. In: *Journal of Clinical Epidemiology*, Vol. 59, Nr. 4, 2006 A, S. 421-428.
- Geier, W.: Verstehen wir uns richtig? Definierte Begriffe für eine klare Kommunikation/Teil 3. In: *Notfallvorsorge*, Nr. 3, 2006, S. 32.
- Geller, W., Ockenfeld, K., Böhme, M., Knöchel, A. (Hrsg.): *Schadstoffbelastung nach dem Elbe-Hochwasser 2002 (Endbericht)*. Bundesministerium für Bildung und Forschung. Berlin: Selbstverlag, 2004.
- Geoforschungszentrum Potsdam in der Helmholtz-Gemeinschaft: *Zweijahresbericht 2004/2005*. O. O., O. J., http://bib.gfz-potsdam.de/pub/2jb/gfz_04_05_1-450.pdf (abgerufen am 28.10.2009).
- Geyer, S., Siegrist, J.: *Sozialwissenschaftliche Verfahren in den Gesundheitswissenschaften*. In: Hurrelmann, K., Laaser, U. (Hrsg.): *Handbuch der Gesundheitswissenschaften*. Weinheim/München: Juventa Verlag, 1998, S. 259-279.
- Gibson, M. J.: *We can do better: lessons learned for protecting older persons in disasters*. AARP, Washington (DC): Selbstverlag, 2006.
- Gornik, V., Behringer, K., Kölb, B., Exner, M.: Erster Giardiasis-Ausbruch im Zusammenhang mit kontaminiertem Trinkwasser in Deutschland. In: *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, Vol. 44, Nr. 4, 2001, S. 351-357.
- Gottschalk, R., Dreesman, J., Leitmeyer, K., Krause, G.: Zuständigkeiten und Aufgaben bei Seuchennotfällen im Kontext der neuen Internationalen Gesundheitsvorschriften. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, Vol. 52, Nr. 2, 2009, S. 183-192.
- Gray, N. F.: *Drinking Water Quality. Problems and Solutions*. 2. Aufl., Cambridge: Cambridge University Press, 2008.
- Greenough, G., McGeehin, M., Bernard, S. M., Tritanaj, J., Riad, J., Engelberg, D.: The potential impacts of climate variability and change on health impacts of extreme weather events in the United States. In: *Environmental Health Perspectives*, Vol. 109, Nr. 2, 2001, S. 191-198.
- Greer, A., Ng, V., Fisman, D.: Climate change and infectious diseases in North America: the road ahead. In: *Canadian Medical Association Journal*, Vol. 178, Nr. 6, 2008, S. 715-722.
- Grieser, J., Beck, C.: Extremniederschläge in Deutschland - Zufall oder Zeichen? In: *Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Klimastatusbericht 2002*. Offenbach am Main: Selbstverlag, 2002, S. 142-151.
- Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B.: The Summer Flooding 2005 in Southern Bavaria – A Climatological Review. In: *Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Klimastatusbericht 2005*. Offenbach am Main: Selbstverlag, 2005, S. 168-173.
- Griffin, J. S., Plummer, J. D., Long, S. C.: Torque teno virus: an improved indicator for viral pathogens in drinking waters. In: *Virology Journal*, Vol. 5, 2008, S. 112.

- Grohmann, A.: Einleitung. In: Höll, K., Grohmann, A. (Hrsg.): Wasser. Nutzung im Kreislauf, Hygiene, Analyse und Bewertung. 8. Aufl., Berlin: de Gruyter, 2002, S. 1-12.
- Großmann, M., Falkowski, I., Krüger, A.: Struktur der Aufgabenträger der öffentlichen Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung. Statistik in Sachsen 4, 2004, S. 22-27.
- Habersack, H., Moser, A. (Hrsg.): Ereignisdokumentation Hochwasser August 2002. Zentrum für Naturgefahren und Risikomanagement, Universität für Bodenkultur Wien, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Plattform Hochwasser 02/2003. Wien: Selbstverlag, 2003.
- Hajat, S., Ebi, K. L., Kovats, R. S., Menne, B., Edwards, S. J., Haines, A.: The human health consequences of flooding in Europe and the implications for public health: a review of the evidence. In: Applied Environmental Science and Public Health, Vol. 1, Nr. 1, 2003, S. 13-21.
- Hamouda, O.: Die Rolle des Bundes bei der Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten. In: Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, Vol. 48, Nr. 9, 2005, S. 963-970.
- Hansestadt Lübeck, Kreis Herzogtum Lauenburg: Abschlussbericht der Störfallkommission: Störfall in der Wasserversorgung der Hansestadt Lübeck und des Kreises Herzogtum Lauenburg in der Zeit vom 18.08.2003 bis 22.09.2003. Lübeck: Selbstverlag, 2004.
- Hartung, J., Elpelt, B., Klösener, K.-H.: Statistik: Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. 14. Aufl., München: Oldenbourg Verlag, 2005.
- Hashimoto, S., Murakami, Y., Taniguchi, K., Nagai, M.: Detection of epidemics in their early stage through infectious disease surveillance. In: International Journal of Epidemiology, Vol. 29, Nr. 5, 2000, S. 905-910.
- Hauri, A. M., Uphoff, H.: Aufgaben, Prinzipien und Methoden der angewandten/aufsuchenden Infektionsepidemiologie. In: Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, Vol. 48, Nr. 9, 2005, S. 1013-1019.
- Haynes, R. B., McKibbin, K. A., Wilczynski, N. L., Walter, S. D., Werre, S. R.: Optimal search strategies for retrieving scientifically strong studies of treatment from Medline: analytical survey. In: British Medical Journal, Vol. 330, Nr. 7501, 2005, S. 1179.
- Health Protection Agency (Hrsg.): Public Health Advice in Relation to Flooding. Version 10, 26.07.2007, http://www.bridgnorth-dc.gov.uk/static/images/cme_resources/Public/Documents/Corporate_Policy/hpa_advice.pdf (abgerufen am 29.01.2008).
- Heinmüller, R.: Wasser, Entsorgung, Umwelthygiene. In: Diesfeld, H. J., Falkenhorst, G., Razum, O., Hampel, D. (Hrsg.): Gesundheitsversorgung in Entwicklungsländern. Medizinisches Handeln aus bevölkerungsbezogener Perspektive. 2. Aufl., Heidelberg: Springer-Verlag, 2001, S. 93-123.
- Helmholtz Zentrum für Umweltforschung (UFZ): Hochwasser-Task-force des UFZ stellt erste Ergebnisse vor. Pressemitteilung vom 4. September 2002, <http://www.higrade.ufz.de/index.php?de=2195> (abgerufen am 28.10.2009).
- Henning, K. J.: Overview of Syndromic Surveillance. What is Syndromic Surveillance? In: Morbidity and Mortality Weekly Report, Nr. 53, Nr. 1, Suppl., 2004, S. 5-11.
- Hertz-Picciotto, I.: Environmental Epidemiology. In: Rothman, K., Greenland, S. (Hrsg.): Modern Epidemiology. 2. Aufl., Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers, 1998, S. 555-583.

- Hewitt, J., Bell, D., Simmons, G. C., Rivera-Aban, M., Wolf, S., Greening, G. E.: Investigation of a waterborne norovirus outbreak in a New Zealand ski resort. In: *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 73, 2007, S. 7853-7857.
- Hintzsch, M.: Auswirkungen eines Rheinhochwassers auf die Grundwassergewinnung – Risikoabschätzung am Beispiel eines Wasserwerkes im Großraum Köln. Diplomarbeit an der TU Dresden 2006, http://forschungsinfo.tu-dresden.de/recherche/s_abschlussdetails.html?abschluss_id=7434&professur_id=577 (abgerufen am 15.10.2008).
- Höppe, P., Loster, T.: Klimawandel und Wetterkatastrophen. In: *Geographische Rundschau*, Vol. 59, Nr. 10, 2007, S. 26-31.
- Howe, A.D., Forster, S., Morton, S., Marshall, R., Osborn, K.S., Wright, P., Hunter, P. R.: *Cryptosporidium* Oocysts in a Water Supply Associated with a Cryptosporidiosis Outbreak. In: *Emerging Infectious Diseases*, Vol. 8, Nr. 6, 2002, S. 619-624.
- Hrudey, S. E., Hrudey, E. J.: *Safe Drinking Water. Lessons from Recent Outbreaks in Affluent Nations*. London: IWA Publishing, 2004.
- Hunter, P. R.: *Waterborne Disease: Epidemiology and Ecology*. Chichester: John Wiley & Sons, 1997.
- Hunter, P. R.: Climate change and waterborne and vector-borne disease. In: *Journal of Applied Microbiology*, Vol. 94, 2003, S. 37-46.
- Hunter, P. R., Andersson, C. H., von Bonsdorff, R. M., Chalmers, R. M., Cifuentes, E., Deere, D., Endo, T., Kadar, M., Krogh, T., Newport, L., Prescott, A., Robertson, W.: Surveillance and investigation of contamination incidents and waterborne outbreaks. In: WHO/OECD (Hrsg.): *Assessing Microbial Safety of Drinking Water. Improving approaches and methods*, IWA-Publishing, Padstow, Cornwall: TJ International, 2003a, S. 205-236.
- Hunter, P. R., Payment, P., Ashbolt, N., Bartram, J.: Assessment of risk. In: WHO/OECD (Hrsg.): *Assessing Microbial Safety of Drinking Water. Improving approaches and methods*, IWA-Publishing, Padstow, Cornwall: TJ International, 2003b, S. 79-109.
- Hutwagner, L. C., Maloney, E. K., Bean, N. H., Slutsker, L., Martin, S. M.: Using Laboratory-Based Surveillance Data for Prevention: An Algorithm for Detecting Salmonella Outbreaks. In: *Emerging Infectious Diseases*, Vol. 3, Nr. 3, 1997, S. 395-400.
- Ingeduld, P.: Real time analysis for early warning systems. In: Pollert, J., Dedus, B. (Hrsg.): *Security of Water Supply Systems: From Source to Tap*. Dordrecht: Springer Verlag, 2006, S. 65-84.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): *Climate Change 2007: Synthesis Report. Summary for Policymakers*, o. O., 2007. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf (abgerufen am 28.10.2009).
- Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB): *Das Bodenseehochwasser im Frühsommer 1999. Erfahrungsbericht (Entwurf)*, 1999, o. O., http://www.seespiegel.de/html/archiv/Artikel/bodenseehochwasser99/bericht_hochwasser.pdf (abgerufen am 29.01.2008).
- Internationale Kommission zum Schutz der Elbe: *Dokumentation des Hochwassers vom August 2002 im Einzugsgebiet der Elbe*. Magdeburg: Selbstverlag, 2004.

- Issartel, B., Lesens, O., Chidiac, C., Mouton, Y., Christmann, D., Peyramond, D.: Suspected SARS patients hospitalised in French isolation units during the early SARS epidemic: The French experience. In: *Eurosurveillance*, Vol. 10, Nr. 3, 2005, S. 3-4.
- Ivers, L. C., Ryan, E. T.: Infectious diseases of severe weather-related and flood-related natural disasters. In: *Current Opinion in Infectious Diseases*, Vol. 19, 2006, S. 408-414.
- Jakopanec, I., Borgen, K., Vold, L., Lund, H., Forseth, T., Hannula, R., Nygård, K.: A large waterborne outbreak of campylobacteriosis in Norway: The need to focus on distribution system safety. In: *BioMed Central Infectious Diseases*, Nr. 8, 2008, S. 128.
- John-Koch, M.: Kritische Infrastrukturen: Gefährdungen, Verletzlichkeit, Schutzkonzepte. In: *Notfallvorsorge*, Nr. 3, 2006, S. 4-7.
- John-Koch, M.: Der Schutz kritischer Infrastrukturen in Deutschland. In: *Homeland Security / cpm forum*, Nr. 3, 2007a, S. 26-28.
- John-Koch, M.: EPSKI. Das Europäische Programm zum Schutz Kritischer Infrastrukturen. In: *Bevölkerungsschutz*, Nr. 2, 2007b, S. 15-18.
- Kafadar, K., Stroup, D. F.: Analysis of aberrations in public health surveillance data: estimating variances on correlated samples. In: *Statistics in Medicine*, Vol. 11, 1992, S. 1551-1568.
- Karrasch, B., Mehrens, M., Link, U., Herzog, M.: Schadstoffbelastung und Selbstreinigungsvermögen der Elbe. In: Geller, W., Ockenfeld, K., Böhme, M., Knöchel, A. (Hrsg.): *Schadstoffbelastung nach dem Elbe-Hochwasser 2002 (Endbericht)*. Bundesministerium für Bildung und Forschung. Berlin: Selbstverlag, 2004, S. 389-402.
- Kessler, R. C., Galea, S., Jones, R. T., Parker, H. A.: Mental illness and suicidality after hurricane Katrina. In: *Bulletin of the World Health Organization*, Vol. 84, Nr. 12, 2006, S. 930-939.
- Kirch, W., Menne, B., Bertollini, R. (Hrsg.): *Extreme Weather Events and Public Health Responses*. Heidelberg: Springer Verlag, 2005.
- Kirsch, A.: Gesundheitsämter in der Verantwortung: Die neue Trinkwasserverordnung zwingt zu elektronischer Wasserdaten-Verwaltung. In: *Der Hygieneinspektor*, Nr. 12, 2002, S. 2-11.
- Kistemann, T.: Trinkwasserinfektionen – Risiken in hochentwickelten Versorgungsstrukturen. In: *Geographische Rundschau*, Vol. 49, Nr. 4, 1997, S. 210-215.
- Kistemann, T., Claßen, T., Exner, M.: Der erste Giardiasis-Ausbruch durch Trinkwasser in Deutschland. In: *bbr - Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau*, Vol. 54, Nr. 7, 2003, S. 40-46.
- Kistemann, T., Claßen, T., Koch, C., Dangendorf, F., Fischeider, R., Gebel, J., Vacata, V., Exner, M.: Microbial Load of Drinking Water Reservoir Tributaries during Extreme Rainfall and Runoff. In: *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 68, Nr. 5, 2002, S. 2188-2197.
- Klein, K. R., Rosenthal, M. S., Klausner, H. A.: Blackout 2003: Preparedness and lessons learned from the perspectives of four hospitals. In: *Prehospital and Disaster Medicine*, Vol. 20, Nr. 5, 2005, S. 343-349.
- Klein, K. R., Herzog, P., Smolinske, S., White, S. R.: Demand for poison control center services "surged" during the 2003 blackout. In: *Clinical toxicology (Philadelphia)*, Vol. 45, Nr. 3, 2007, S. 248-254.

- Koch, J.: Zur Situation bei wichtigen Infektionskrankheiten: Erkrankungen durch Noroviren in Deutschland in saisonaler Darstellung von 2001 bis 2004. In: *Epidemiologisches Bulletin*, Nr. 36, 2004, S. 295-300.
- Koch, J., Schneider, T., Stark, K., Schreier, E.: Norovirusinfektionen in Deutschland. In: *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, Vol. 49, Nr. 3, 2006, S. 296-309.
- Kondo, H., Seo, N., Yasuda, T., Hasizume, M., Koido, Y., Ninomiya, N., Yamamoto, Y.: Post-flood-infectious diseases in Mozambique. In: *Prehospital and Disaster Medicine*, Vol. 17, Nr. 3, 2002, S. 126-133.
- Koppe, C., Jendritzky, G., Pfaff, G.: Die Auswirkungen der Hitzewelle 2003 auf die Gesundheit. In: *Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Klimastatusbericht 2003*. Offenbach am Main: Selbstverlag, 2003, S. 152-162.
- Korthals, W.: Vorsorge gegen Schäden aus extremen Hochwässern bei Wasserversorgungsunternehmen – Das Konzept der Hessenwasser. In: *GWF Wasser, Abwasser* Vol. 145, Nr. 3, 2004, S. 188-196.
- Kovats, R. S., Edwards, S. J., Hajat, S., Armstrong, B. G., Ebi, K. L., Menne, B.: The effect of temperature on food poisoning: a time-series analysis of salmonellosis in ten European countries. In: *Epidemiology and Infection*, Vol. 132, Nr. 3, 2004, S. 443-453.
- Kovats, R. S., Haines, A.: Global climate change and health: recent findings and future steps. In: *Canadian Medical Association Journal*, Vol. 172, Nr. 4, 2005, S. 501-502.
- Kovats, S. R., Haines, A., Stanwell-Smith, R., Martens, P., Menne, B., Bertollini, R.: Climate change and human health in Europe. In: *British Medical Journal*, Vol. 318, Nr. 7199, 1999, S. 1682-1685.
- Kramer, M. H., Quade, G., Hartemann, P., Exner, M.: Waterborne diseases in Europe – 1986-96. In: *American Water Works Association*, Vol. 93, Nr. 1, 2001, S. 48-53.
- Krause, G., Ropers, G., Stark, K.: Notifiable Disease Surveillance and Practicing Physicians. In: *Emerging Infectious Diseases*, Vol. 11, Nr. 3, 2005, S. 442-445.
- Krause, G., Benzler, J., Reiprich, G., Görgen, R.: Improvement of a national public health surveillance system through use of a quality circle. In: *Euro Surveillance*, Vol. 11, Nr. 11, 2006, S. 246-248.
- Kriz, B., Benes, C., Castkova, J., Helcl, J.: Monitorování epidemiologické situace v zaplavených oblastech v České Republice v roce 1997 [Monitoring the Epidemiological situation in flooded areas of the Czech Republic in 1997]. Proceedings of the Conference DDD'98, 11-12th May 1998, Prodebrady, Czech Republic.
- Krümpel, M., Smolka, K. M.: AKW-Störfall. Vattenfall verursacht Millionenschaden. In: *Financial Times Deutschland*, 08.07.2009.
- Kukkula, M., Maunula, L., Silvennoinen, E., von Bonsdorff, C. H.: Outbreak of viral gastroenteritis due to drinking water contaminated by Norwalk-like viruses. In: *Journal of Infectious Diseases*, Vol. 180, Nr. 6, 1999, 1771-1776.
- Kuusi, M.: Investigating outbreaks of waterborne gastroenteritis. Publications of the National Public Health Institute, KTL A12/2004. Helsinki: Yliopistopaino, 2004.
- Kuusi, M., Nuorti, J. P., Hänninen, M. L., Koskela, M., Jussila, V., Kela, E., Miettinen, I., Ruutu, P.: A large outbreak of campylobacteriosis associated with a municipal water supply in Finland. In: *Epidemiology and Infection*, Vol. 133, Nr. 4, 2005, S. 593-601.

- Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt: Bericht zur öffentlichen Wasserversorgung in Sachsen-Anhalt 2005. Halle: Selbstverlag, 2008.
- Landesumweltamt Brandenburg (Hrsg.): Das Elbehochwasser im Sommer 2002. Bericht des Landesumweltamtes Brandenburg zum Elbehochwasser 2002. Fachbeiträge des Landesumweltamtes Brandenburg, Titelreihe, Nr. 73, Potsdam: Selbstverlag, 2002.
- Landesuntersuchungsanstalt für das Gesundheits- und Veterinärwesen Sachsen (LUA Sachsen): Jahresbericht 2002. Freistaat Sachsen, Staatsministerium für Soziales, Dresden: Selbstverlag, 2003.
- Landesuntersuchungsanstalt für das Gesundheits- und Veterinärwesen Sachsen (LUA Sachsen): Jahresbericht 2004. Freistaat Sachsen, Staatsministerium für Soziales. Dresden: Selbstverlag 2005.
- Landkreis Wittenberg: Gesundheitsrahmenbericht. Wittenberg: Selbstverlag, 2006.
- Langenbach, M., Fischer, T.: Trinkwasser-Notbrunnen in Deutschland. In: bbr - Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau, Nr. 11, 2008, S. 44-50.
- Leclerc, H., Schwartzbrod, L., Dei-Cas, E.: Microbial agents associated with waterborne diseases. In: Critical Reviews in Microbiology, Vol. 28, Nr. 4, 2002, S. 371-409.
- Lenz, S.: Gefahren und Verletzlichkeit bestimmen das Risiko für Kritische Infrastrukturen. In: Notfallvorsorge, Nr. 3, 2006, S. 8-10.
- Lenz, S.: Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen. In: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.): Forschung im Bevölkerungsschutz Band 4. Bonn: Selbstverlag, 2009.
- Letrilliart, L., Desenclos, J. C., Flahault, A.: Risk factors for winter outbreak of acute diarrhoea in France: case-control study. In: British Medical Journal, Vol. 315, Nr. 7123, 1997, S. 1645-1649.
- Licht, F.: Sicherheit in der Trinkwasserversorgung. Teil 1: Der Water Safety Plan (Wasser-Sicherheitskonzept) in der deutschen Wasserversorgung. In: GWF Wasser, Abwasser, Vol. 148, Nr. 12, 2007, S. 854-857.
- Ligon, B. L.: Infectious diseases that pose specific challenges after natural disasters: a review. In: Seminars in paediatric infectious diseases, Vol. 17, Nr. 1, 2006, S. 36-45.
- Lillibridge, S. R.: Managing the Environmental Health Aspects of Disasters: Water, Human Excreta, and Shelter. In: Noji, E. K. (Hrsg.): The Public Health Consequences of Disasters. New York: Oxford University Press, 1997, S. 65-78.
- Lim, H. S., Min, Y. S., Lee, H. S.: [Epidemiologic investigation on an outbreak of salmonellosis in Yeongcheon-si, 2004] [Koreanisch]. In: Journal of preventive medicine and public health, Vol. 38, Nr. 4, 2005, S. 457-464.
- Lindner, W., Sattler, R.: Technisches Sicherheitsmanagement Wasser. DVGW Arbeitsblatt W 1000 als Grundlage des Technischen Sicherheitsmanagements. In: Energie Wasser Praxis, Nr. 1, 2001, S. 9-11.
- Mac Kenzie, W. R., Hoxie, N. J., Proctor, M. E., Gradus, M. S., Blair, K. A., Peterson, D. E., Kazmierczak, J. J., Addiss, D. G., Fox, K. R., Rose, J. B., Davis, J. P.: A Massive Outbreak in Milwaukee of Cryptosporidium Infection Transmitted through the Public Water Supply. In: New England Journal of Medicine, Vol. 331, Nr. 3, 1994, S. 161-167.

- Mac Kenzie, W. R., Schell, W. L., Blair, K. A., Addiss, D. G., Peterson, D. E., Hoxie, N. J., Kazmierczak, J. J., Davis, J. P.: Massive outbreak of waterborne cryptosporidium infection in Milwaukee, Wisconsin: recurrence of illness and risk of secondary transmission. In: *Clinical Infectious Disease*, Vol. 21, Nr. 1, 1995, S. 57-62.
- Mahrenholz, P., Munz, N., Hasse, C.: Klimafolgen und Anpassung an den Klimawandel in Deutschland: Was wir in Deutschland darüber wissen und was wir tun müssen. Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Klimastatusbericht 2005. Offenbach am Main: Selbstverlag, 2005, S. 57-61.
- Maier, M., Kühlers, D., Brauch, H. J., Fleig, M., Maier, D., Jirka, G. H., Mohrlok, U., Bethge, E., Bernhart, H. H., Lehmann, B., Hillebrand, G., Wölz, J., Hollert H.: RIMAX-Verbundprojekt HoT – Spannungsfeld Hochwasserrückhaltung und Trinkwasserversorgung: Vermeidung von Nutzungskonflikten. In: *Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie*, Vol. 17, Nr. 4, 2005, S. 248-249.
- Mara, D., Feachem, R. G. A.: Unitary environmental classification of water- and excreta-related communicable diseases. In: Mara, D. D., Horan, N. J. (Hrsg.): *Handbook of water and wastewater microbiology*. London: Academic Press, 2003, S. 185-192.
- Marre, D., Walther, W., Ullrich, K.: Einfluss des Hochwassers 2002 auf die Grundwasserbeschaffenheit in Dresden. In: *Grundwasser*, Vol. 10, Nr. 3, 2005, S. 146-156.
- Marshall, J. K., Thabane, M., Garg, A. X., Clark, W. F., Salvadori, M., Collins, S. M.: Incidence and epidemiology of irritable bowel syndrome after a large waterborne outbreak of bacterial dysentery. In: *Gastroenterology*, Vol. 131, Nr. 2, 2006, 445-50.
- Maunula, L., Miettinen, I. T., Von Bonsdorff, C.-H.: Norovirus Outbreaks from Drinking Water. In: *Emerging Infectious Diseases*, Vol. 11, Nr. 11, 2005, S. 1716-1721.
- McBean, E. A.: Failure mechanisms and monitoring methodologies pertinent for detection of exposure risks in water distribution networks. In: Pollert, J., Dedus, B. (Hrsg.): *Security of Water Supply Systems: From Source to Tap*. Dordrecht: Springer Verlag, 2006, S. 9-17.
- McMichael, A. J., Beaglehole, R.: The changing global context of public health. In: *The Lancet*, Vol. 356, Nr. 9228, 2000, S. 495-499.
- McMichael, A. J., Woodruff, R. E., Hales, S.: Climate change and human health: present and future risks. In: *The Lancet*, Vol. 367, Nr. 9513, 2006, S. 859-869.
- Meier, P. A., Mathers, W. D., Sutphin, J. E., Folberg, R., Hwang, T., Wenzel, R. P.: An epidemic of presumed *Acanthamoeba keratitis* that followed regional flooding. Results of a case-control investigation. In: *Archives of Ophthalmology* Vol. 116, Nr. 8, 1998, 1090-1094.
- Mendel, B., Castell-Exner, C.: Die neue Trinkwasserverordnung, Teil 2. In: *Energie, Wasser, Praxis*, Nr. 5, 2001, S. 32-37.
- Menne, B., Ebi, K. (Hrsg.): *Climate change and adaptation strategies for human health*. Darmstadt: Steinkopff Verlag, 2006.
- Menne, B., Pond, K., Noji, E. K., Bertollini, R.: *Floods and Public Health Consequences, Prevention and Control Measures*. UNECE/MP.WAT/SEM.2/1999/22, Discussion Paper, WHO European Centre for Environment and Health, Rome, Nr. 10, 1999.

- Menski, U., Gardemann J.: Auswirkungen des Ausfalls Kritischer Infrastrukturen auf den Ernährungssektor am Beispiel des Stromausfalls im Münsterland im Herbst 2005. Empirische Untersuchung im Auftrag der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE). Hrsg.: Fachhochschule Münster, Fachbereich Oecotrophologie, Kompetenzzentrum Humanitäre Hilfe, 2008.
- Metzger, J.: Das Konzept Kritischer Infrastrukturen hinterfragt. In: Wenger, A. (Hrsg.): Bulletin 2004 zur Schweizerischen Sicherheitspolitik, Zürich, 2004, S. 73-85.
- Meuleman, A. F., Cirkel, G., Zwolsman, G. J.: When climate change is a fact! Adaptive strategies for drinking water production in a changing natural environment. In: Water Science and Technology, Vol. 56, Nr. 4, 2007, 137-144.
- Meusel, D., Kirch, W.: Lessons to be Learned from the 2002 Floods in Dresden, Germany. In: Kirch, W., Menne, B., Bertollini, R. (Hrsg.): Extreme Weather Events and Public Health Responses. Heidelberg: Springer-Verlag, 2005, S. 175-183.
- Meusel, D., Menne, B., Kirch, W., Bertollini, R., Bratislava Collaborating group: Public health responses to extreme weather and climate events - a brief summary of the WHO meeting on this topic in Bratislava on 9-10 February 2004. In: Journal of Public Health, Vol. 12, Nr. 6, 2004, S. 371-381.
- Miettinen, I. T., Zacheus, O., von Bonsdorff, C. H., Vartianinen, T.: Waterborne epidemics in Finland in 1998-1999. In: Water Science and Technology, Vol. 43, Nr. 12, 2001, S. 67-71.
- Ministerium des Innern des Landes Sachsen-Anhalt (Hrsg.): Hochwasser 2002 im Land Sachsen-Anhalt. Auswertung des Katastrophenschutzmanagements. Abschlussbericht der Arbeitsgruppe Hochwasser. O. O., o. J.
- Ministerium für Gesundheit und Soziales des Landes Sachsen-Anhalt (Hrsg.): Hochwasser-Katastrophe: Maßnahmen zur Sicherung der Hygiene und des Seuchenschutzes in den Überschwemmungsgebieten Sachsen-Anhalts. Pressemitteilung Nr. 117/02, Magdeburg, 18. August 2002.
- Ministerium für Umwelt und Landwirtschaft Sachsen-Anhalt: Öffentliche Wasserversorgung in Sachsen-Anhalt. Verzeichnis aller Versorgungsträger und Betreiber in Sachsen-Anhalt 1990 bis 2006. o. J., <http://www.mu.sachsen-anhalt.de/start/fachbereich02/wassertechnik/wasserversorgung/main.htm> (abgerufen am 14.05.2008).
- Modeste, N. N.: Dictionary of public health promotion and education: Terms and concepts. Thousand Oaks, California: SAGE Publications, 2004.
- Moe, C. L.: What are the criteria for determining whether a disease is zoonotic and water related? In: World Health Organisation (WHO) (Hrsg.): Waterborne Zoonoses. Identification, Causes and Control. London: IWA Publishing 2004, S. 27-45.
- Münchener Rück: Wintersturm Kyrill, o. J., http://www.munichre.com/de/ts/geo_risks/natural_catastrophes_portraits/winter_storm_kyrill/default.aspx (abgerufen am 28.10.2009).
- Münchener Rück: Topics Geo. Jahresrückblick Naturkatastrophen 2002. München: Selbstverlag 2003.
- Münchener Rück: Schadenmanagement bei Naturkatastrophen, Erfahrungen, Analysen, Aktionspläne. Edition Wissen, München: Selbstverlag, 2005.

- Münchener Rück: Schadentrends bei Überschwemmungen, München: Selbstverlag, 2007a, http://www.munichre.com/de/ts/geo_risks/natural_catastrophes_and_risks/land_under_water_flood_loss_trends/default.aspx (abgerufen am 13.12.2007).
- Münchener Rück: Topics Geo, Naturkatastrophen 2006, Analysen, Bewertungen, Positionen. Edition Wissen. München: Selbstverlag, 2007b.
- Mutschmann, J., Stimmelmayer, F.: Taschenbuch der Wasserversorgung. 14. Aufl., Wiesbaden: Verlag Vieweg + Teubner, 2007.
- Nakamura, H.: Overview of the Hanshin-Awaji earthquake disaster. In: *Acta Paediatrica Japonica.*, Vol. 37, Nr. 6, 1995, S. 713-716.
- Naumova, E. N., Chen, J. T., Griffiths, J. K., Maryas, B. T., Stephen, N., Estessmargiassi, A., Morris, R. D.: Use of Passive Surveillance Data to Study Temporal and Spatial Variation in the Incidence of Giardiasis and Cryptosporidiosis. In: *Public Health Reports*, Vol. 1, Nr. 15, 2000, S. 436-447.
- Naumova, E. N., Egorov, A.I., Morris, R. D., Griffiths, J. K.: The elderly and waterborne *Cryptosporidium* infection: gastroenteritis hospitalizations before and during the 1993 Milwaukee outbreak. In: *Emerging Infectious Diseases*, Vol. 9, Nr. 4, 2003, S. 418-425.
- Neumann, N. F., Smith, D. W., Belosevic, M.: Waterborne disease: an old foe re-emerging? In: *Journal of Environmental Engineering and Science*, Vol. 4, Nr. 3, 2005, S. 155-171.
- Nichols, G., Lane, C., Asgari, N., Verlander, N.Q., Charlett, A.: Rainfall and outbreaks of drinking water related disease in England and Wales. In: *Journal of Water and Health*, Vol. 7, Nr. 1, 2009, S. 1-8.
- Niehues, B.: Versorgungssicherheit in der Trinkwasserversorgung im Zusammenspiel zwischen betrieblichem Alltag und Extremsituationen. In: *Notfallvorsorge*, Nr. 3, 2006, S. 21-23.
- Noji, E. K.: The Nature of Disaster: General Characteristic and Public Health Effects. In: Noji, E. K. (Hrsg.): *The Public Health Consequences of Disasters*. New York: Oxford University Press, 1997a, S. 3-20.
- Noji, E. K.: The Use of Epidemiologic Methods in Disasters. In: Noji, E. K. (Hrsg.): *The Public Health Consequences of Disasters*. New York: Oxford University Press, 1997b, S. 21-36.
- Noji, E. K.: Disaster Epidemiology: Challenges for Public Health Action. In: *Annali di Igiene*, Vol. 14, Nr. 1, 2002, S. 97-102.
- Norddeutscher Rundfunk Online: Atomkraft. Krümmel-Panne: 300.000 Euro Schaden für Wasserwerke. 11.07.2009. <http://www1.ndr.de/nachrichten/dossiers/atomkraft/kruemmschaeden100.html> (abgerufen am 13.07.2009).
- Nygård, K., Schimmer, B., Søbstad, O., Walde, A., Tveit, I., Langeland, N., Hausken, T., Aavitsland, P.: A large community outbreak of waterborne giardiasis-delayed detection in a non-endemic urban area. In: *BioMed Central Public Health*, Nr. 6, 2006, S. 141.
- Nygård, K., Wahl, E., Krogh, T., Tveit, O.A., Bohleng, E., Tverdal, A., Aavitsland, P.: Breaks and maintenance work in the water distribution systems and gastrointestinal illness: a cohort study. In: *International Journal of Epidemiology*, Vol. 36, Nr. 4, 2007, S. 873-880.

- Oppermann, H., Thriene, T., Zaumseil, S.: Bundeslandspezifische Meldepflicht als Ergänzung zur Meldepflicht des IfSG. Landesspezifische Meldepflicht in Sachsen-Anhalt. In: Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, Vol. 48, Nr. 9, 2005, S. 990-997.
- Orellana, C.: Germany counts cost of flood damage to health-care services: In: The Lancet, Vol. 360, Nr. 9334, 2002, S. 698.
- Österreichisches Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) (Hrsg.): Hochwasserereignis 23.-29. Juni 2009. O. O., 2009.
- Parshionikar, S. U., Willian-True, S., Fout, G. S., Robbins, D. E., Seys, S. E., Cassady, J. D., Harris, R.: Waterborne Outbreak of Gastroenteritis Associated with a Norovirus. In: Applied Environmental Microbiology, Vol. 69, Nr. 9, 2003, S. 5263–5268.
- Patz, J. A., Kovats, R. S.: Hotspots in climate change and human health. In: British Medical Journal, Vol. 325, 2002, S. 1094-1098.
- Patz, J. A., Meehin, M. A., Bernard, S., Ebi, K., Epstein, P. R., Grambsch, A., Gubler, D. J., Reiter, P., Romieu, I., Rose, J. B., Samet, J. M., Trtanj, J.: The potential health impacts of climate variability and change for the United States: Executive summary of the report of the health sector of the U.S. National Assessment. In: Environmental Health Perspectives, Vol. 108, Nr. 4, 2000, S. 367-376.
- Patz, J. A., Olson, S. H.: Climate change and health: global to local influences on disease risk. In: Annals of Tropical Medicine and Parasitology, 2006, Vol. 100, Nr. 5/6, S. 535-549.
- Percival, S. L., Chalmers, R., Embrey, M., Hunter, P., Sellwood, J., Wyn-Jones, P.: Microbiology of waterborne diseases. London: Elsevier Academic Press, 2004.
- Perfler, R., Unterwainig, M., Formayer, H.: Auswirkungen von Extremereignissen auf die Sicherheit der Trinkwasserversorgung in Österreich, Endbericht von StartClim2005.A4. In: Österreichisches Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Bundesministerium für Gesundheit und Frauen, Umweltbundesamt (BMLFUW) (Hrsg.): StartClim 2005: Klimawandel und Gesundheit. Wien: Selbstverlag, 2006.
- Pesik, N., Keim, M.: Logistical considerations for emergency response resources. In: Pacific Health Dialog, Vol. 9, Nr. 1, 2002, S. 97-103.
- Petrow, T., Thieken, A. H., Kreibich, H., Bahlburg, C. H., Merz, B.: Improvements on flood alleviation in Germany: lessons learned from the Elbe flood in August 2002. In: Environmental Management, Vol. 38, Nr. 5, 2006, S. 717-732.
- Pfaff, H., Bentz, J.: Subjektive Daten – Objektive Analyse. In: Schwartz, F. W., Badura, B., Busse, R., Leidl, R., Raspe, H., Siegrist, J., Walter, U. (Hrsg.): Das Public Health Buch. Gesundheit und Gesundheitswesen. 2. Aufl., München/Jena: Urban & Fischer, 2002, S. 418-435.
- Pfeiffer, J., Avery, M. D., Benbenek, M., Prepas, R., Summers, L., Wachdorf, C. M., O'Boyle, C.: Maternal and newborn care during disasters: thinking outside the hospital paradigm. In: Nursing Clinics of North America, Vol. 43, Nr. 3, 2008, S. 449-467.
- Phanuwan, C., Takizawa, S., Oguma, K., Katayama, H., Yunika, A., Ohgaki, S.: Monitoring of human enteric viruses and coliform bacteria in waters after urban flood in Jakarta, Indonesia. In: Water Science and Technology, Vol. 54, Nr. 3, 2006, S. 203-210.

- Piechniczek, D.: Auswirkungen des Hochwassers 2002 auf das Grundwasser aus der Sicht des Staatlichen Umweltfachamtes Radebeul. Abschlusspräsentation zum BMBF-Projekt „Auswirkungen der August-Hochwasser-Ereignisse 2002 auf die Tal-Grundwasserleiter im Raum Dresden – Lösungsansätze und Handlungsempfehlungen“, Dresden, 26. Oktober 2004.
- Pitt, M.: The Pitt Review. Learning lessons from the 2007 floods, Interim Report, Stand: 15.01.2008, http://www.cabinetoffice.gov.uk/thepittreview/interim_report.aspx (abgerufen am 28.01.2008).
- Poggensee, G., Benzler, J., Eckmanns, T., Krause, G.: Falldefinitionen für die Surveillance meldepflichtiger Infektionskrankheiten in Deutschland, Ausgabe 2007. Darstellung der Änderungen gegenüber der Ausgabe 2004. In: Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, Vol. 49, Nr. 12, 2006, S. 1189-1194.
- Pond, K., Rueedi, J., Pedley, S.: Pathogens in drinking water sources. Microbiological risk assessment: a scientific basis for managing drinking water safety from source to tap. University of Surrey, Großbritannien: Selbstverlag, 2004, http://217.77.141.80/clueadeau/microrisk/uploads/microrisk_pathogens_in_drinking_water_sources.pdf (abgerufen am 28.10.2009).
- Porta, M., Greenland, S., Last, J. M. (Hrsg.): A Dictionary of Epidemiology. 5. Aufl., New York: Oxford University Press, 2008.
- Potera, C.: Fuel Damage from Flooding. Finding a Fix. In: Environmental Health Perspectives, Vol. 111, Nr. 4, 2003, S. A228 -A231.
- Prüss, A., Kay, D., Fewtrell, L., Bartram, J.: Estimating the Burden of Disease from Water, Sanitation, and Hygiene at a Global Level. In: Environmental Health Perspectives, Vol. 110, Nr. 5, 2002, S. 537-542.
- Queste, A., Geier, W., Artz, A., Lackner, S.: The vulnerability of modern societies to natural disasters: the impact of the 2002 Elbe river flood on critical infrastructures and disaster relief. In: United Nations (Hrsg.): Know-risk: Disaster Preparedness & Contingency Planning. Geneva: Tudor Rose, 2005, S. 332-333.
- Queste, A., Lauwe, P.: User needs: why we need indicators. Birkmann, J. (Hrsg.): Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards disaster resilient societies. Tokyo/New York: United Nations University Press, 2006, S. 103-114.
- Queste, A., Scheuermann, A., Riegel, C.: Kritische Infrastrukturen und Biologische Lagen. In: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, Robert Koch-Institut (Hrsg.): Biologische Gefahren I. Handbuch zum Bevölkerungsschutz. 3. Aufl., 2007, S. 249-271.
- Ramaker, T. A. B., Meuleman, A. F. M., Bernhardt, L., Cirkel, G.: Climate change and drinking water production in The Netherlands: a flexible approach. In: Water Science & Technology, Vol. 51, Nr. 5, 2005, S. 37-44.
- Reintjes, R., Baumeister, H.-G., Coulombier, D.: Infectious disease surveillance in North Rhine-Westphalia: First steps in the development of an early warning system. In: International Journal of Hygiene and Environmental Health, Vol. 203, Nr. 3, 2001, S. 195-199.
- Reynolds, K. A., Mena, K. D., Gerba, C. P.: Risk of waterborne illness via drinking water in the United States. In: Reviews of Environmental Contamination & Toxicology, Vol. 192, 2008, S. 117-158.

- Rice, G., Heberling, M. T., Rothermich, M., Wright, J. M., Murphy, P. A., Craun, M. F., Craun, G. F.: The role of disease burden measures in future estimates of endemic waterborne disease. In: *Journal of Water and Health*, Nr. 4 Suppl. 2, 2006, S. 187-199.
- Richards A.: The Walkerton Health Study. In: *Canadian Nurse*, Vol. 101, Nr. 5, 2005, S. 16-21.
- Richter, W.: Kühles Gift. In: *Technology Review*, Nr. 12, 2007, S. 66-67.
- Rienhoff, O., Kleinoeder, T.: Daten sammeln und auswerten. In: Schwartz, F. W., Badura, B., Busse, R., Leidl, R., Raspe, H., Siegrist, J., Walter, U. (Hrsg.): *Das Public Health Buch. Gesundheit und Gesundheitswesen*. 2. Aufl., München/Jena: Urban & Fischer, 2002, S. 379-392.
- Risebro, H., de Franca Doria, M., Yip, H., Hunter, P. R.: Intestinal illness through drinking water in Europe. Microbiological risk assessment: a scientific basis for managing drinking water safety from source to tap. University of Surrey, Großbritannien: Selbstverlag, 2005, http://217.77.141.80/clueadeau/microrisk/uploads/microrisk_intestinal_illness_through_drinking_water.pdf (abgerufen am 18.01.2008).
- Risebro, H. L., Hunter, P. R.: Surveillance of waterborne disease in European member states: a qualitative study. In: *Journal of Water and Health*, Nr. 5, Suppl. 1, 2007, S. 19-38.
- Rissland, J., van Treeck, U., Taeger, D., Baumeister, H. G.: Infektionssurveillance in NRW - Standardberichte, Barometer und Frühwarnsystem. In: *Das Gesundheitswesen*, Vol. 65, Nr. 12, 2003, S. 719-723.
- Robert Koch-Institut (RKI): GBE-Glossar. O. J., http://www.rki.de/cln_091/nn_204574/DE/Content/GBE/Gesundheitsberichterstattung/Glossar/glossar__node.html?__nnn=true (abgerufen am 28.10.2009).
- Robert Koch-Institut (RKI): Falldefinitionen des Robert Koch-Instituts zur Übermittlung von Erkrankungs- oder Todesfällen und Nachweisen von Krankheitserregern. § 4 (2) des Gesetzes zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz – IfSG). In: *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, Vol. 43, Nr. 11, 2000, S. 845–869.
- Robert Koch-Institut (RKI): Umsetzung der Übermittlung der meldepflichtigen Infektionen nach dem Infektionsschutzgesetz. In: *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, Vol. 43, Nr. 11, 2000b, S. 870–874
- Robert Koch-Institut (RKI): Hinweise im Zusammenhang mit der aktuellen Hochwassersituation. Infektionsrisiken und Infektionsschutz in Überschwemmungsgebieten. In: *Epidemiologisches Bulletin*, Nr. 34, 2002, 2002a, S. 292-293.
- Robert Koch-Institut (RKI): Infektionsepidemiologisches Jahrbuch meldepflichtiger Krankheiten für 2001. Berlin: Selbstverlag, 2002b.
- Robert Koch-Institut (RKI): Infektionsrisiken in Überschwemmungsgebieten erhöht. Pressemitteilung des Robert-Koch-Instituts, 19.08.2002c.
- Robert Koch-Institut (RKI): Infektionsepidemiologisches Jahrbuch meldepflichtiger Krankheiten für 2002. Berlin: Selbstverlag, 2003a.
- Robert Koch-Institut (RKI): Liste der vom Robert Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren: In: *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, Vol. 46, Nr. 1, 2003b, S. 72-95.

- Robert Koch-Institut (RKI): Falldefinitionen des Robert Koch-Instituts zur Übermittlung von Erkrankungs- oder Todesfällen und Nachweisen von Krankheitserregern, Ausgabe 2004 nach § 4 Abs. 2 des Gesetzes zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz - IfSG). Berlin: Selbstverlag, 2004a.
- Robert Koch-Institut (RKI): Zu einer Häufung von Norovirus-Erkrankungen als Folge verunreinigten Trinkwassers. In: Epidemiologisches Bulletin, Nr. 36, 2004b, S. 301-302.
- Robert Koch-Institut (RKI): Infektionsepidemiologisches Jahrbuch meldepflichtiger Krankheiten für 2004. Berlin: Selbstverlag, 2005.
- Robert Koch-Institut (RKI): Infektionsepidemiologisches Jahrbuch meldepflichtiger Krankheiten für 2005. Berlin: Selbstverlag, 2006a.
- Robert Koch-Institut (RKI): SurvStat@RKI, Datenstand: 26.09.2006b, <http://www3.rki.de/SurvStat> (abgefragt am 26.09.2006).
- Robert Koch-Institut (RKI): Falldefinitionen des Robert Koch-Instituts zur Übermittlung von Erkrankungs- oder Todesfällen und Nachweisen von Krankheitserregern. Ausgabe 2007 gemäß § 4 Abs. 2 des Gesetzes zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz - IfSG). Berlin: Selbstverlag, 2007a.
- Robert Koch-Institut (RKI): Infektionsepidemiologisches Jahrbuch meldepflichtiger Krankheiten für 2006. Berlin: Selbstverlag, 2007b.
- Robert Koch-Institut (RKI): Zu einem Ausbruch durch *S. Enteritidis* in Sachsen-Anhalt. In: Epidemiologisches Bulletin, Nr. 45, 2007c, S. 413-416.
- Robert Koch-Institut (RKI): Infektionsepidemiologisches Jahrbuch meldepflichtiger Krankheiten für 2007. Berlin. Selbstverlag, 2008.
- Robert Koch-Institut (RKI): Infektionsepidemiologisches Jahrbuch meldepflichtiger Krankheiten für 2008. Berlin. Selbstverlag, 2009a.
- Robert Koch-Institut (RKI): Neue Influenza A/H1N1 in Deutschland. Bewertung des bisherigen Geschehens. In: Epidemiologisches Bulletin, Nr. 25, 2009b, S. 243-245.
- Rohayem, J., Dumke, R., Jaeger, K., Schröter-Bobsin, U., Mogel, M., Kruse, A., Jacobs, E., Rethwilm, A.: Assessing the Risk of Transmission of Viral Diseases in Flooded Areas: Viral Load of the River Elbe in Dresden during the Flood of August 2002. In: *Intervirology*, Vol. 49, 2006, S. 370-376.
- Rosenbrock, R.: Was ist New Public Health? In: *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, Vol. 44, Nr. 8, 2001, S. 753-762.
- Rothman, K. J., Greenland, S., Lash, T. S.: Validity in Epidemiologic Studies. In: Rothman, K. J., Greenland, S., Lash, T. S. (Hrsg.): *Modern Epidemiology*. 3. Aufl., Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2008, S. 128-147.
- Rudolf, B., Rapp, J.: Das Jahrhunderthochwasser der Elbe: Synoptische Wetterentwicklung und klimatologische Aspekte. Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): *Klimastatusbericht 2002*. Selbstverlag. Offenbach am Main 2003, S. 172-187.
- Sächsische Staatskanzlei: Sachsen. Die Fakten 2007. Dresden: Selbstverlag, 2006.
- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) (Hrsg.): Bewertung der Gewässerbelastung im Elbeinzugsgebiet. August-Hochwasser 2002, Berichtszeitraum 15. August bis 6. September 2002a, o. O, 2002.

- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG): Vorläufiger Kurzbericht über die meteorologisch-hydrologische Situation beim Hochwasser im August 2002. o. O., 2002b.
- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG): Einfluss des August Hochwassers 2002 auf das Grundwasser. Dresden: Selbstverlag, 2003a.
- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG): Statusbericht Abwasser 2002. Stand und Perspektiven der kommunalen Abwasserbeseitigung im Freistaat Sachsen. Dresden: Sächsische Druck- und Verlagshaus AG, 2003b.
- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG): Ereignisanalyse – Hochwasser August 2002 in den Osterzgebirgsflüssen. Managementreport. Dresden: Selbstverlag, 2004a.
- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG): Ereignisanalyse – Hochwasser August 2002 in den Osterzgebirgsflüssen. Materialien zur Wasserwirtschaft 2004, Dresden: Selbstverlag, 2004b.
- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG): Wasserversorgung. Jahresbericht 2005. Dresden: Selbstverlag, 2007.
- Sächsisches Staatsministerium für Soziales, Gesundheit und Familie: Die Trinkwasserversorgung im Freistaat Sachsen ist weitgehend stabil. 16.08.2002. <http://www.medienservice.sachsen.de/medien/news/5610> (abgerufen am 20.04.2009).
- Sächsisches Staatsministerium für Soziales, Gesundheit und Familie (Hrsg.): Freistaat Sachsen: Moderne Kliniken - vom Vogtland bis zur Niederschlesischen Oberlausitz. Entwicklung der Krankenhäuser im Freistaat Sachsen von 1991 bis 2003. Dresden: Selbstverlag, 2004.
- Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) & Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) (Hrsg.): Grundsatzplan 2002. Öffentliche Wasserversorgung Freistaat Sachsen. Dresden: Selbstverlag, 2002.
- Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL): Bericht des SMUL zur Hochwasserkatastrophe im August 2002. Teil 2. O. O. 2003.
- Sahai, H., Khurshid, A.: Statistics in epidemiology: methods, techniques, and applications. Boca Raton: CRC Press, 1996.
- Schijven, J. F., de Roda Husman, A. M.: Effect of climate changes on waterborne disease in the Netherlands. In: Water Science and Technology, Vol. 51, 2005, S. 79-87.
- Schmid, D., Lederer, I., Much, P., Pichler, A. M., Allerberger, F.: Outbreak of norovirus infection associated with contaminated flood water, Salzburg, 2005. In: Euro Surveillan- ce, Vol. 10, Nr. 24, 2005, S. 2725.
- Schmitz, M.: Wasser ist Leben. Vortrag anlässlich „150 Jahre öffentliche Wasserversorgung in Nürnberg“. Nürnberg, 16.05.2006, http://www.vg-werke-bme.de/download_antraege/Wasser_ist_leben.pdf (abgerufen am 15.09.2009).
- Schnell, R., Hill, P. B., Esser, E.: Methoden der empirischen Sozialforschung. 7. Aufl., München/Wien: Oldenbourg, 2005.
- Schnitzler, J., Benzler, J., Altmann, D., Mücke, I., Krause, G.: Survey on the Population's Needs and the Public Health Response during Floods in Germany 2002. In: Journal of Public Health Management and Practice, Vol. 13, Nr. 5, 2007, S. 461-464.

- Schoenen, D., Eckschlag, N., Packroff, G.: Coliforme Bakterien: Nachweis und Bedeutung für die Trinkwasserbeurteilung. In: GWF Wasser Abwasser, Vol 149, Nr.11, 2008, S. 858-863.
- Schönwiese, C. D., Staeger, T., Trömel, S., Jonas, M.: Statistisch-klimatologische Analyse des Hitzesommers 2003 in Deutschland. In: Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Klimastatusbericht 2003. Offenbach am Main. Selbstverlag, 2003, S. 123-132.
- Schönwiese C.-D., Staeger, T., Trömel, S.: Klimawandel und Extremereignisse in Deutschland. In: Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Klimastatusbericht 2005. Offenbach am Main. Selbstverlag, 2005, S. 7-17.
- Schoop, M.: Novelle der Trinkwasserverordnung. Überblick – Aktueller Stand zum Referentenentwurf vom 28.11.2008, DVGW, Stand: 02. Juni 2009. http://www.dvgw-nord.de/fileadmin/landesgruppen/Nord/meinelg/veranstaltungen/2009/AG_Technik_Niedersachsen/Novelle_der_Trinkwasserverordnung_DVGW.pdf (abgerufen am 01.07.2009).
- Schreiber, J.: Objektschutz: Trinkwasserversorgung. Klare Konzeption. In: Sicherheitsforum, Nr. 3, 2005, S. 76-77.
- Schröter, D., Zebisch, M., Grothmann, T.: Climate Change in Germany – Vulnerability and Adaptation of Climate-Sensitive Sectors. In: Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Klimastatusbericht 2005. Offenbach am Main: Selbstverlag, S. 44-56.
- Schuster, C. J., Ellis, A. G., Robertson, W. J., Charron, D. F., Aramini, J. J., Marshall, B. J., Medeiros, D. T.: Infectious disease outbreaks related to drinking water in Canada, 1974-2001. In: Canadian Journal of Public Health, Vol. 96, Nr. 4, 2005, S. 254-258.
- Schwartz, B. S., Harris, J. B., Khan, A. I., Larocque, R. C., Sack, D. A., Malek, M. A., Faruque, A. S. G., Qadri, F., Calderwood, S. B., Luby, S. P., Ryan, E. T.: Diarrheal Epidemics in Dhaka, Bangladesh, During Three Consecutive Floods: 1988, 1998, and 2004. In: American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, Vol. 74, Nr. 6, 2006, S. 1067-1073.
- Sellman, J., Hamilton, J. D.: Global Climate Change and Human Health. In: Minnesota Medicine, Vol. 90, Nr. 3, 2007, S. 47-50.
- Severn Trend Water: Gloucestershire 2007 – the Impact of the July Floods on the Water Infrastructure and Customer Service, Final Report. O. O., o. J., http://www.stwater.co.uk/upload/pdf/The_Final_Gloucester_2007_Report.pdf (abgerufen am 30.01.2008).
- Smeets, P. W. M. H., Medema, G. J., van Dijk, J. C.: The Dutch secret: how to provide safe drinking water without chlorine in the Netherlands. In: Drinking Water Engineering and Science, Nr. 2, 2009, S. 1-14.
- Sontheimer, H.: Trinkwasser aus dem Rhein? – Bericht über ein vom Bundesminister für Forschung und Technologie gefördertes Verbundforschungsvorhaben zur Sicherheit der Trinkwassergewinnung aus Rheinuferfiltrat bei Stoßbelastungen. Sankt Augustin: Selbstverlag, 1991.
- Spiegel online: Entwarnung. Chemiepark Bitterfeld vorläufig gerettet. 15.08.2002. <http://www.spiegel.de/politik/deutschland/0,1518,209502,00.html> (abgerufen am 28.10.2009).
- Spiegel online: Weiterhin Katastrophenalarm in mehreren Landkreisen, 24.08.2005, <http://www.spiegel.de/panorama/0,1518,371249,00.html> (abgerufen am 28.01.2008).

- Spiegel online: Steigende Opferzahl. Hurrikan "Ike" hinterlässt Tod und Zerstörung. 15.09.2008. <http://www.spiegel.de/panorama/0,1518,578175,00.html> (abgerufen am 15.07.2009).
- Ständige Konferenz für Katastrophenvorsorge und Katastrophenschutz (Hrsg.): Katastrophenschutz in Gesetzen der Länder. Vergleichende Darstellung. Köln: Selbstverlag, 2006a.
- Ständige Konferenz für Katastrophenvorsorge und Katastrophenschutz (SKK): Wörterbuch für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. 2. Aufl., Köln: Selbstverlag, 2006b.
- Stanwell-Smith, R., Andersson, Y., Levy, D. A.: National Surveillance Systems. In: Hunter, P. R., Waite, M., Ronchi, E. (Hrsg.): Drinking-water and infectious disease: establishing the links. IWA Publishing. Boca Raton/London: CRC Press, 2003, S. 25-40.
- Stark, K., Guggenmoos-Holzmann, I.: Wissenschaftliche Ergebnisse deuten und nutzen. In: Schwartz, F. W., Badura, B., Busse, R., Leidl, R., Raspe, H., Siegrist, J., Walter, U. (Hrsg.): Das Public Health Buch. Gesundheit und Gesundheitswesen. 2. Aufl., München/Jena: Urban & Fischer, 2002, S. 393-417.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg.): Daten-Portal „Umwelt – Öffentliche Wassergewinnung“. Stand 18.10.2007, http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_jb10_jahrtabu1.asp (abgerufen am 16.10.2009).
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg.): Statistik regional. Daten für die Kreise und kreisfreien Städte Deutschlands. Ausgabe 2008. Wiesbaden: Selbstverlag: 2008.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Umwelt. Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 2004. Fachserie 19 Reihe 2.1. Wiesbaden: Selbstverlag, 2006.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland 2007. Wiesbaden: Selbstverlag, 2007.
- Statistisches Landesamt Sachsen-Anhalt (Hrsg.): Hochwasser im August 2002 ließ die Zahl der Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen nach oben schnellen. Pressemitteilung vom 01.07.2003. <http://www.stala.sachsen-anhalt.de/Internet/Home/Veroeffentlichungen/Pressemitteilungen/2003/07/100.html> (abgerufen am 28.10.2009).
- Stoto, M. A.: Syndromic Surveillance. In: Issues in Science and Technology, Vol. 21, 2005, S. 49-56.
- Sträter, T.: Nach Störfall: Krümmels kostspieliger Kurzschluss. In: Kölnische Rundschau. 10.07.2009.
- Strauch, G., Sbjeschni, A., Bittkau, A., Schlosser, D.: Schadstofftransport in überfluteten Trinkwassereinzugsgebieten, In: Geller, W., Ockenfeld, K., Böhme, M., Knöchel, A. (Hrsg.): Schadstoffbelastung nach dem Elbe-Hochwasser 2002 (Endbericht). Bundesministerium für Bildung und Forschung. Berlin: Selbstverlag, 2004, S. 305-313.
- Strauss, R., Fülöp, G., Pfeifer, C.: Tuberculosis in Austria 1995–99: Geographical Distribution and Trends. In: Euro Surveillance, Vol. 8, Nr. 1, 2003, S. 19-26.
- Stroup, D. F., Wharton, M., Kafadar, K., Dean, A. G.: Evaluation of a method for detecting aberrations in public health surveillance data. In: American Journal of Epidemiology, Vol. 137, Nr. 3, 1993, S. 373-380.
- Stroup, D. F., Williamson, G. D., Herndon, J. L.: Detection of aberrations in the occurrence of notifiable diseases surveillance data. In: Statistics in Medicine, Vol. 8, 1989, S. 323-329.

- Suttorp, N., Mielke, M., Kiehl, W., Stück, B. (Hrsg.): Infektionskrankheiten. Stuttgart/New York: Georg Thieme Verlag, 2004.
- Taeger, D., Boyke, H.: 3. Zwischenbericht zum Teilprojekt: Umsetzung des Infektionsschutzgesetzes (IfSG), Schwerpunkt Infektionskrankheitensurveillance in NRW. Universitätsklinikum Münster, unveröffentlichtes Manuskript, 2003.
- Tan, S.: Floods begin to ebb in western England. In: The associated press, 24.07.2007, http://www.usatoday.com/weather/storms/2007-07-24-europe-weather_N.htm (abgerufen am 29.01.2008).
- Tapsell, S. M., Penning-Rowsell, E. C., Tunstall, S. M., Wilson, T. L.: Vulnerability to flooding: health and social dimensions. In: Philosophical Transactions of the Royal Society London, Vol. A, Nr. 360, 2002, S. 1511-1525.
- Taylor, J. W., Gary, G. W., Greenberg, H. B.: Norwalk-related viral gastroenteritis due to contaminated drinking water. In: American Journal of Epidemiology, Vol. 114, Nr. 4, 1981, S. 584-592.
- Tebbutt, T. H. Y.: Principles of Water Quality Control. 5. Aufl., Oxford: Butterworth Heineemann, 1998.
- The Associated Press: EPA tests find dangers lurking in flood waters. High levels of sewage and lead unsafe for rescuers and remaining residents, 08.Sept. 2005.
- Theron, J., Cloete, T. E.: Emerging waterborne infections: contributing factors, agents and detection tools. In: Critical Reviews in Microbiology, Vol. 28, Nr. 1, 2002, S. 1-26.
- Thomas, M. K., Charron, D. F., Waltner-Toews, D., Schuster, C., Maarouf, A. R., Holt, J. D.: A role of high impact weather events in waterborne disease outbreaks in Canada, 1975-2001. In: International Journal of Environmental Health Research, Vol. 16, Nr. 3, 2006, S. 167-180.
- Tillett, H. E., de Louvois J., Wall, P. G.: Surveillance of outbreaks of waterborne infectious disease: categorizing levels of evidence. In: Epidemiology and Infection, Vol. 120, 1998, S. 37-42.
- Tobin, G. A., Montz, B. E.: Natural Hazards. Explanation and Integration. New York/London: The Guilford Press, 1997.
- Tran, P. G., Few, R.: Coping with Floods in the Mekong Delta, Viet Nam. In: Few, R., Matthies, F. (Hrsg.): Flood Hazards & Health. Responding to Present and Future Risks. London: Earthscan, 2006, S. 128-144.
- Trebbe, R., Wilbert, S.: Der zivile CBRN-Schutz des Bundes. In: Europäische Sicherheit, Nr. 3, 2008, S. 85-89.
- Tuffs, A., Bosch, X.: Health authorities on alert after extensive flooding in Europe. In: British Medical Journal, Vol. 325, 2002, S. 405.
- Tunstall, S.: Vulnerability and flooding: a re-analysis of FHRC data. Country report England and Wales. O. O. 2007.
- Tyler, C. W., Last, J. M.: Epidemiology. In: Wallace, R. B. (Hrsg.): Public Health & Preventive Medicine. 14. Aufl., New York: Appleton & Lange, 1998, S. 5-33.
- Umweltbundesamt (UBA): Wenn das Hochwasser zurückgeht, kommt der Schimmelpilz. Umweltbundesamt gibt Tipps gegen gesundheitsgefährdende Schimmelpilzbildung. Presse-Information. 30.08.2002.

- Umweltbundesamt (UBA): Vorhalten einer hinreichenden Desinfektionskapazität nach § 5 Abs. 4 TrinkwV 2001 für außergewöhnliche Vorkommnisse oder Notfälle. Mitteilung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit und Soziale Sicherung (BMGS) beim Umweltbundesamt. In: Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, Vol. 47, Nr. 11, 2004, S. 1124.
- Umweltbundesamt (UBA): Was Sie über vorsorgenden Hochwasserschutz wissen sollten. Dessau: Selbstverlag, 2006.
- Umweltbundesamt (UBA): Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 Trinkwasserverordnung 2001. 11. Änderung. Stand: Juni 2009.
- United Nations: United Nations Framework Convention on Climate Change. FCCC/INFORMAL/84, o. O., 1992.
- United Nations Economic Commission for Europe, World Health Organization (WHO) Euro: Meeting of the Parties to the Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes. Workshop on water and adaptation to climate change, Amsterdam (the Netherlands), 1–2 July 2008, Draft Guidance on Water and Climate Adaptation, 2008.
- United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR): Terminology: Basic terms of disaster risk reduction, Stand 31.03.2004, <http://www.unisdr.org/eng/library/lib-terminology-eng-p.htm> (abgerufen am 21.01.2008).
- United States Government Accountability Office: Drinking Water. Experts' Views on How Federal Funding Can Best Be Spent To Improve Security. Washington: Selbstverlag, 2004.
- Uphoff, H., Hauri, A. M.: Auswirkungen einer prognostizierten Klimaänderung auf Belange des Gesundheitsschutzes in Hessen. Hessisches Landesprüfungs- und Untersuchungsamt im Gesundheitswesen (Hrsg.). o. O. 2005. <http://www.hlug.de/klimawandel/inklim/dokumente/endberichte/gesundheit.pdf> (abgerufen am 08.08.2009).
- URL 1: <http://scholar.google.de/> (abgerufen am 15.12.2008).
- URL 2: <http://www.cdc.gov> (abgerufen am 15.12.2008).
- URL 3: <http://www.google.de> (abgerufen am 15.12.2008).
- URL 4: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/> (abgerufen am 15.12.2008).
- URL 5: <http://www.rki.de> (abgerufen am 15.12.2008).
- URL 6: <http://www.siz.cc/bund> (abgerufen am 28.10.2009).
- URL 7: <http://www.ufz.de> (abgerufen am 28.10.2009).
- URL 8: <http://www.who.int> (abgerufen am 15.12.2008).
- URL 9: <http://www3.rki.de/SurvStat/> (abgerufen am 28.10.2009).
- Van den Berg, B., Grievink, L., Gutschmidt, K., Lang, T., Palmer, S., Ruijten, M., Stumpel, R., Yzermans, J.: The public health dimension of disasters – health outcome assessment of disasters. In: Prehospital and Disaster Medicine, Vol. 23, Nr. 4, 2008, S. 55-59.
- Van Loock, F.: Infectious disease surveillance: Early Warning Systems and Public Health interventions in a Belgian and European perspective. In: Acta Clinica Belgica, Vol. 49, Nr. 5, 1994, S. 236-242.

- Van Treeck, U., Schröter, M.: Infektionskrankheiten: Meldepflicht wird oft vernachlässigt. In: Westfälisches Ärzteblatt, Nr. 11, 2005, S. 18-20.
- Von Kirchbach, H. P., Franke, S., Biele, H.: Bericht der unabhängigen Kommission der sächsischen Staatsregierung Flutkatastrophe 2002. Dresden: Selbstverlag, 2002.
- Von Rössing, R.: Betriebliches Kontinuitätsmanagement. Bonn: Mitp-Verlag. 2005.
- Von Troschke, J.: Wer macht Public Health in Deutschland? In: Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, Vol. 44, Nr. 8, 2001, S. 763-770.
- Voswinkel, J.: Kraftwerks-Katastrophe. Am GAU vorbei. In: Zeit Online, 19.8.2009. <http://www.zeit.de/online/2009/34/unglueck-russland-wasserkraftwerk> (abgerufen am 04.09.2009).
- Wade, T. J., Sandhu, S. K., Levy, D., Lee, S., LeChevallier, M. W., Katz, L., Colford, J. M.: Did a Severe Flood in Midwest Cause an Increase in the Incidence of Gastrointestinal Symptoms? In: American Journal of Epidemiology, Vol. 159, Nr. 4, 2004, S. 398-405.
- Waring, S. C., Reynolds, K. M., D'Souza, G., Arafat, R. R.: Rapid assessment of household needs in the Houston area after Tropical Storm Allison. In: Disaster Management and Response, Nr. 9, 2002, S. 3–9.
- Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kanton Bern (WEA): Sommerhochwasser 2005. Daten und Fakten zu den Hochwassern und Überschwemmungen im August 2005 im Kanton Bern. Bern: Selbstverlag, 2005.
- Watson, J. T., Gayer, M., Connolly, M. A.: Epidemics after Natural Disasters. In: Emerging Infectious Diseases, Vol. 13, Nr. 1, 2007, S. 1-5.
- Weber, D. J., Rutala, W. A., Samsa, G. P., Sarubbi, F. A., King, L. C.: Epidemiology of tuberculosis in North Carolina, 1966 to 1986: analysis of demographic features, geographic variation, AIDS, migrant workers, and site of infection. In: Southern Medical Journal, Vol. 82, Nr. 10, 1989, S. 1204-1214.
- Widdowson, M., Bosman, A., van Straten, E., Tinga, M., Chavers, S., van Eerden, L., van Pelt, W.: Automated, Laboratory-based System Using the Internet for Disease Outbreak Detection, the Netherlands. In: Emerging Infectious Diseases, Vol. 9, Nr. 9, 2003, S. 1046-1062.
- Wieselmann, B.: Anschlag auf Trinkwasser am Bodensee. Seit vier Wochen geheim. In: Der Tagesspiegel. 14.11.2005.
- Wilder-Smith, A.: Tsunami in South Asia: What is the risk of post-disaster infectious disease outbreaks? In: Annals of Academic Medicine Singapore, Vol. 34, Nr. 10, 2005, S. 625-631.
- Williams, C. J., Schenkel, K., Eckmanns, T., Altmann, D., Krause, G.: FIFA World Cup 2006 in Germany: enhanced surveillance improved timeliness and detection. In: Epidemiology and Infection, Vol. 137, 2009, S. 597-605.
- Willocks, L. J., Sufi, F., Wall, R., Seng, C., Swan, A. V.: Compliance with advice to boil drinking water during an outbreak of cryptosporidiosis. Outbreak Investigation Team. In: Communicable Disease and Public Health. Vol. 3, Nr. 2, 2000, S. 137-138.
- Wisner, B.: Regions at risk or People at risk? In: Geographische Rundschau, Vol. 59, Nr. 10, 2007, S. 12-18.
- Wisner, B., Adams, A. (Hrsg.): Environmental Health in Emergencies and Disasters: a practical guide. World Health Organization, Geneva: Elsevier, 2002.

- World Health Organization (WHO): Climate change and human health: risks and responses. Summary. Geneva: Selbstverlag, 2003.
- World Health Organization (WHO): The World Health Report: 2004: Changing History. Geneva: Selbstverlag, 2004.
- World Health Organization (WHO): Flooding and communicable diseases fact sheet. In: Weekly Epidemiological Record, Vol. 80, 2005, S. 21-28.
- World Health Organization (WHO): Guidelines for drinking-water quality: incorporating first and second addenda to third edition, Vol. 1, Recommendations. 3. Aufl., Geneva: WHO Press, 2008.
- World Health Organization (WHO) & United Nations Children's Fund (UNICEF): Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation (JMP). Progress on Drinking Water and Sanitation: Special Focus on Sanitation. UNICEF: Selbstverlag, 2008.
- Wricke, B.: Hochwasserkatastrophe 2002. Erfahrungen und Schlussfolgerungen der Wasserversorgungsunternehmen. In: GWF Wasser, Abwasser, Vol. 145, Nr. 3, 2004, S. 181-188.
- Wricke, B., Tränckner, J., Böhler, E.: Dokumentation von typischen Schäden und Beeinträchtigungen der Wasserversorgung durch Hochwasserereignisse, Ableitung von Handlungsempfehlungen, TZW Dresden: Eigenverlag, 2003.
- www.metapage.de: Hochwasser 2002. Soforthilfen der Bundesregierung. Betroffene Landkreise, Städte, Gemeinden, o. J., <http://www.metapage.de/katastrophe/hochwasser/fluthilfe.htm> (abgerufen am 20.06.2008).
- Yoder, J., Roberts, V., Craun, G. F., Hill, V., Hicks, L. A., Alexander, N. T., Radke, V., Calderon R. L., Hlavsa, M. C., Beach, M. J., Roy, S. L.: Surveillance for waterborne disease and outbreaks associated with drinking water and water not intended for drinking – United States, 2005-2006. In: Morbidity and Mortality Weekly Report Surveillance Summaries, Vol. 57, Nr. 9, 2008, S. 39-62.
- Zebisch, M., Grothmann, T., Schröter, D., Haße, C., Fritsch, U., Cramer, W.: Klimawandel in Deutschland – Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. Umweltbundesamt (Hrsg.). Dessau: Selbstverlag, 2005.

Gesetze, Richtlinien und Verordnungen

- Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst im Freistaat Sachsen (SächsGDG) vom 11.12.1991 (SächsGVBl. Nr. 34, S. 413, Fassungs-Nr. 250-1), zuletzt geändert am 01.08.2008.
- Gesetz über den Öffentlichen Gesundheitsdienst und die Berufsausübung im Gesundheitswesen im Land Sachsen-Anhalt (Gesundheitsdienstgesetz – GDG LSA) vom 21.11.1997 (GVBl. LSA 1997, S. 1023), rechtsbereinigt mit Stand vom 03.07.2002.
- Gesetz über den Zivilschutz und die Katastrophenhilfe des Bundes (Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz – ZSKG) vom 25.03.1997 (BGBl. I S. 726), zuletzt geändert durch Art. 2 Nr. 1 des Gesetzes vom 29.07.2009 (BGBl. I S. 2350).

- Gesetz über die Sicherstellung von Leistungen auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft für Zwecke der Verteidigung (Wassersicherungsgesetz – WasSiG) vom 24.08.1965 (BGBl. I S. 1225, 1817), zuletzt geändert durch Artikel 2 Abs. 20 des Gesetzes vom 12.08.2005 (BGBl. I S. 2354).
- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) vom 27.07.1957 in der Fassung der Bekanntmachung vom 19.08.2002 (BGBl. I S. 3245), zuletzt geändert durch Artikel 8 des Gesetzes vom 22.12.2008 (BGBl. I S. 2986).
- Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes (Hochwasserschutzgesetz) vom 03.05.2005 (BGBl. I S. 1224).
- Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Bundes-Infektionsschutzgesetz – IfSG) vom 20.07.2000, zuletzt geändert am 29.12.2003 (BGBl. I S. 2954).
- Katastrophenschutzgesetz des Landes Sachsen-Anhalt (KatSG-LSA) vom 05.08.2002 (GVBl. 2002, S. 339), zuletzt geändert durch Gesetz vom 28.06.2005 (GVBl. 2005, S. 320).
- Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (ABl. L 327, S. 1 vom 22.12.2000), geändert durch Entscheidung Nr. 2455/2001/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20.11.2001 (L 331, S. 1 vom 15.12.2001).
- Richtlinie 75/440/EWG des Rates vom 16.06.1975 über die Qualitätsanforderungen an Oberflächenwasser für die Trinkwassergewinnung in den Mitgliedstaaten (ABl. Nr. L 194, S. 26 vom 25.07.1975), geändert durch Richtlinie des Rates vom 09.10.1979 (79/869/EWG, L 271, S. 44 vom 29.10.1979) und Richtlinie des Rates vom 23.12.1991 (91/692/EWG, L 377, S. 48 vom 31.12.1991).
- Richtlinie 98/83/EG des Rates vom 03.11.1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (ABl. der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 330, S. 32-L330, S. 55 vom 05.12.1998), berichtigt mit Stand vom 19.02.1999.
- Sächsisches Gesetz über den Brandschutz, Rettungsdienst und Katastrophenschutz (SächsBRKG) vom 24.06.2004, zuletzt geändert durch Gesetz vom 29.01.2008 (GVBl. Nr. 9/2004 S. 245).
- Sächsisches Wassergesetz (SächsWG) vom 18.10.2004 (GVBl. 2004 S. 482).
- Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV) vom 21.05.2001 (BGBl. 2001, Teil I, S. 959), geändert durch Art. 363 der Verordnung vom 31.10.2006 I S. 2407.
- Wassergesetz für das Land Sachsen-Anhalt (WG LSA) vom 12.04.2006 (GVBl. LSA 2006, S. 248), Anlagen 3 und 4 geändert durch Verordnung vom 07.10.2009 (GVBl. LSA S. 504).

Persönliche Mitteilung

Albrecht Scheuermann, Verantwortlicher für Rettungsdienst und Katastrophenschutz im Arbeiter-Samariter-Bund Sachsen, 16.09.2009.

10 Glossar

Quellen: BBK o. J., BMI 2009a, BMI 2007, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft 2009, Hartung et al. 2005, Lenz 2009, Porta et al. 2008, RKI o. J., RKI 2009a, RKI 2003b, SKK 2006b, Statistisches Bundesamt 2007, Suttorp et al. 2004, UN/ISDR 2004, United Nations 1992, von Rössing 2005; eigene Definitionen 2009.

<i>Abkochgebot</i>	Empfehlung zur Desinfektion kleiner Wassermengen durch Abkochen.
<i>Abwasseranlage</i>	Anlage zum Sammeln, Fortleiten, Behandeln, Einleiten, Versickern, Verregnen und Verrieseln von Abwasser sowie zum Behandeln und Entwässern von Klärschlamm.
<i>Antidiarrhoika</i>	Arzneimittel zur Behandlung von Durchfällen.
<i>asymptomatisch</i>	Ohne die Ausbildung von Krankheitszeichen.
<i>Aufbereitung</i>	Siehe „Trinkwasseraufbereitung“.
<i>Auffälligkeit</i>	In der vorliegenden Studie die signifikante Abweichung gemeldeter Erkrankungszahlen von der „Normalsituation“, die sowohl eine Über- als auch eine Unterschreitung umfassen kann.
<i>Ausbruch</i>	In der vorliegenden Studie die Ansammlung von Fällen, bei der Gründe für die Feststellung eines epidemiologischen Zusammenhangs vorliegen.
<i>Beanstandungs-Quote</i>	In der vorliegenden Studie der prozentuale Anteil der bakteriologisch beanstandeten Trinkwasserproben in einer Zeiteinheit an allen entnommenen Proben derselben Zeiteinheit.
<i>Beanstandungs-Ratio</i>	In der vorliegenden Studie das Verhältnis bzw. der Quotient von zwei Beanstandungsquoten.
<i>Bevölkerungsschutz</i>	Bevölkerungsschutz ist die Summe der zivilen Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung und ihrer Lebensgrundlagen vor den Auswirkungen von Kriegen, bewaffneten Konflikten, Katastrophen und anderen schweren Notlagen sowie solcher zur Begrenzung und Bewältigung der genannten Ereignisse. Bevölkerungsschutz umfasst Katastrophenschutz, Zivilschutz und Katastrophenhilfe. Die Wahrnehmung der Aufgaben erfolgt in der jeweiligen verfassungsmäßigen Zuständigkeit, für den Katastrophenschutz (Länder) sowie Zivilschutz und Katastrophenhilfe (Bund).
<i>Bewältigungskapazität</i>	Maß für die Zeit, die Funktionsfähigkeit einer Kritischen Infrastruktur wieder herzustellen (Coping Capacity).
<i>Case-finding</i>	Fallfindung; aktive Suche von Fällen.
<i>Diarrhoe</i>	Durchfall.
<i>Direkte Übertragung</i>	Übertragung, bei der ein Erreger unmittelbar von einem infizierten Menschen oder Tier einen anderen Menschen oder ein anderes Tier erreicht, z.B. durch Berühren, Einatmen infektiöser Tröpfchen, einen Biss oder durch die fäkal-orale Übertragung.

<i>Dominoeffekt</i>	Abfolge von Ereignissen, von denen jedes einzelne zugleich Ursache des folgenden ist und die alle auf ein einzelnes Anfangsereignis zurückgehen.
<i>Eigenversorgungsanlage</i>	Anlage, mit der nur die Wasserversorgung des Eigentümers sichergestellt wird, und aus der jährlich höchstens 1.000 m ³ Wasser abgegeben oder entnommen werden.
<i>Einzelversorgungsanlage</i>	Anlage, aus der eine nur geringe Anzahl von Verbrauchern versorgt wird, ohne dass diese gleichzeitig Eigentümer der Anlage sind, und aus der jährlich höchstens 1000 m ³ Wasser abgegeben oder entnommen werden.
<i>ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay)</i>	Immunologisches Nachweisverfahren, das auf einer enzymatischen Farbreaktion basiert und u. a. Krankheitserreger nachweist.
<i>Endemie</i>	In einer Gegend heimische Krankheit, von der ein größerer Teil der Bevölkerung regelmäßig erfasst wird.
<i>Epidemie</i>	Eine Epidemie liegt vor, wenn in einem bestimmten Raum und während eines begrenzten Zeitabschnitts im Vergleich zur Ausgangssituation Erkrankungsfälle mit einheitlicher Ursache vermehrt auftreten.
<i>Epidemiologie</i>	Die Lehre vom Auftreten und der Verteilung gesundheitsbezogener Zustände oder Ereignisse in einer definierten Bevölkerung, einschließlich der Lehre von Determinanten, die diese Zustände beeinflussen, und die Nutzung gewonnener Erkenntnisse, um Gesundheitsprobleme unter Kontrolle zu halten.
<i>Evakuierung</i>	Organisierte Verlegung von Menschen aus einem akut gefährdeten in ein sicheres Gebiet, wo sie vorübergehend untergebracht, gepflegt und betreut werden.
<i>Explosivepidemie</i>	Epidemie, bei der innerhalb kurzer Zeit viele Menschen infiziert werden und erkranken (z.B. ausgelöst durch die gemeinsame Exposition gegenüber einem kontaminierten Lebensmittel).
<i>Exposition, exponiert</i>	Spezieller, im Allgemeinen äußerer Einfluss, dem die "Exponierten" ausgesetzt sind, und von dem eine Wirkung auf bzw. ein Zusammenhang zu einem untersuchten/betrachteten Gesundheitsproblem angenommen wird. Zur Bewertung eines Risikofaktors werden die Exponierten (die, bei denen dieser Risikofaktor vorliegt) mit den Nichtexponierten bezüglich des Eintretens der untersuchten Erkrankung/Betroffenheit verglichen.
<i>Fäkal-orale Übertragung</i>	Übertragung, bei der fäkal ausgeschiedenen Krankheitserreger in der Regel über die Hände zur oralen Aufnahme gelangen.
<i>Gastroenteritis</i>	Infektionskrankheit des Magen-Darm-Trakts, die sich durch Erbrechen und Durchfall äußert.
<i>Gefahr</i>	Wahrscheinlichkeit einer Störung großen Ausmaßes, die durch betriebseigene Strukturen oder Mittel des Versorgers nicht zu beheben ist, und die zu Beeinträchtigungen und Ausfällen der Versorgung führen kann.
<i>Gefährdung</i>	Von einer objektiv vorhandenen Gefahrenquelle ausgehende mögliche Schädigung von Personen, Sachwerten, Infrastrukturen und der Umwelt.
<i>Gewinnung</i>	Siehe „Trinkwassergewinnung“.

<i>Grundwasser</i>	Bezeichnung für in Grundwasserleitern gespeichertes Wasser. In der Regel stammt dieses Wasser aus Niederschlägen oder Oberflächengewässern im Untergrund. Es sammelt sich auf einer wasserundurchlässigen Schicht in Hohlräumen oder zwischen Gesteinen. Durch den Versickerungsvorgang wird das Grundwasser gereinigt. Grundwasser tritt als Quellwasser wieder an die Erdoberfläche, mündet in ein Oberflächengewässer oder wird aus Brunnen zur Trinkwassergewinnung gefördert.
<i>Guillain-Barré-Syndrom</i>	Polyneuropathie mit Lähmungen und Hirnnervenschäden.
<i>Hämolytisch urämisches Syndrom (HUS)</i>	Das enteropathische hämolytisch-urämische Syndrom umfasst schwere, unter Umständen tödliche Komplikationen, die bei bakteriellen Darminfektionen mit enterohämorrhagischen Escherichia coli (EHEC) und selten auch bei Infektionen mit Shigellen auftreten können. Die Erkrankung kann zum Zerfall von roten Blutkörperchen, Gerinnungsstörungen und akutem Nierenversagen mit Todesfolge führen.
<i>Häufung</i>	Zeitliche und räumliche Ansammlung von Fällen.
<i>Hausbrunnen</i>	Siehe „Eigenversorgungsanlage“ bzw. „Einzelversorgungsanlage“.
<i>Hochwasser</i>	Zeitlich begrenzte Anschwellung in einem oberirdischen Gewässer, die einen bestimmten Wasserstand überschreitet. Ein Hochwasser ist oft ein absehbares großflächiges Schadensereignis an einem Flusslauf nach lang andauernden Niederschlägen oder nach einer Schneeschmelze.
<i>Hochwasserschutz</i>	Maßnahmen die dazu dienen, generell den Hochwasserscheitel und auch den bei einem Hochwasser entstehenden Schaden zu senken. Mobiler Hochwasserschutz, sind alle Systeme, welche nicht als feste Einrichtung aufgebaut oder erstellt werden, sondern nur im Hochwasserfall unter engen zeitlichen Vorgaben aufgebaut und nach Rückgang des Hochwassers wieder entfernt werden. Stationärer Hochwasserschutz, ist ein baulicher Hochwasserschutz, der auf Dauer, auch für die hochwasserfreie Zeit, gebaut wird wie z.B. Deiche, Hochwasserschutzmauern und Kanalschieber.
<i>Hydrometeorologische Katastrophe</i>	Natürliche Prozesse oder Phänomene atmosphärischer, hydrologischer oder ozeanographischer Natur, die zu Todesfällen oder Unfällen, zu Gebäudeschäden, sozialen und ökonomischen Zusammenbrüchen oder zu Umweltzerstörungen führen können.
<i>Hygiene</i>	Lehre der Verhütung von Infektionskrankheiten und der Erhaltung der Gesundheit.
<i>Hygieneabhängige Infektionskrankheiten</i>	In der vorliegenden Studie Infektionskrankheiten, die auf eine unzureichende Trinkwasserquantität und damit zusammenhängende Hygienedefizite zurückzuführen sind.
<i>Indikator</i>	<p>Aus Sicht des Bevölkerungsschutzes: In der vorliegenden Studie Faktoren, die Auskunft über die Vulnerabilität einer Kritischen Infrastruktur geben, wie z.B. Resistenz, Resilienz und Interdependenz.</p> <p>Aus Public Health-Sicht: Maßzahl, die Auskunft über die Quantität eines Gesundheitsproblems oder ihrer Ursachen geben soll und im Rahmen einer Studie in einen interpretativen Zusammenhang gestellt wird.</p> <p>Aus Sicht der Trinkwasserhygiene: Mikrobieller, chemischer oder physikalischer Parameter, der eine mögliche Verunreinigung des Trinkwassers anzeigt, die Auswirkungen auf die Gesundheit haben kann.</p>

<i>Indirekte Übertragung</i>	Übertragung von Krankheitserregern von einem Erregerreservoir auf einen Wirt durch ein kontaminiertes Vehikel, wie z.B. Trinkwasser, Lebensmittel, die Luft oder Gegenstände.
<i>Infektion</i>	Eindringen körperfremder Krankheitserreger in den Wirtsorganismus, deren Vermehrung und die Reaktion des Wirtes.
<i>Infektionsdosis</i>	Minimale Dosis an Krankheitserregern, die notwendig ist, um eine Krankheit auszulösen.
<i>Infektiosität</i>	Fähigkeit eines Krankheitserregers, in einen Wirtsorganismus einzudringen und sich dort zu vermehren.
<i>Inkubationszeit</i>	Zeit von der Infektion bis zum Auftreten erster Krankheitssymptome.
<i>Interdependenz</i>	Gegenseitige Abhängigkeit. In der vorliegenden Studie der Grad, in dem eine Kritische Infrastruktur für die Erbringung ihrer Leistung auf die Leistung und damit auf die Funktionsfähigkeit anderer Infrastrukturen angewiesen ist.
<i>Kanalisation</i>	Leitungsnetz zur Sammlung und Ableitung von Abwasser.
<i>Kaskadeneffekt</i>	Eine Verkettung von Prozessen, die alle auf die jeweils vorhergehenden aufbauen, und bei denen über mehrere Stufen die Auswirkungen immer größer werden.
<i>Katastrophe</i>	Ereignis, das die Funktionsfähigkeit einer Gesellschaft oder gesellschaftlicher Gruppen unterbricht, hohe menschliche, materielle, ökonomische oder ökologische Verluste verursacht und die Fähigkeit der betroffenen sozialen Einheit zur Bewältigung des Ereignisses aus eigener Kraft übersteigt.
<i>Katastrophenhilfe</i>	Maßnahmen, die das Überleben der Bevölkerung sicherstellen sowie einen Wiederaufbau gewährleisten.
<i>Katastrophenmanagement</i>	Summe aller Maßnahmen und Aktionen der Vor- und Nachsorge zur Verhinderung oder Bewältigung einer Katastrophe.
<i>Katastrophenschutz</i>	In Deutschland die Gesamtheit der normativen, planerischen und operativen Aktivitäten und Maßnahmen zur Vorbereitung auf und zur Bewältigung von Großschadensereignissen und Katastrophen durch Kreise, Länder und (ergänzend) den Bund.
<i>Katastrophenvorsorge</i>	Aktivitäten und Maßnahmenpakete mit dem mittel- und langfristigen Ziel, Katastrophen vorzubeugen durch die Reduzierung der Ursachen sowie der Folgen von Gefahren- und Schadensereignissen für die Gesellschaft oder gesellschaftspolitische Gruppen.
<i>Kläranlage</i>	Einrichtung, in der Industrie- und Haushaltsabwässer gereinigt werden.
<i>Klimawandel</i>	Änderung des Klimas, die unmittelbar oder mittelbar auf menschliche Tätigkeiten zurückzuführen ist, welche die Zusammensetzung der Erdatmosphäre verändern, und die zu den über vergleichbare Zeiträume beobachteten natürlichen Klimaschwankungen hinzukommt.
<i>Konjunktivitis</i>	Bindehautentzündung
<i>konnatal</i>	Im Mutterleib oder während der Geburt erworben.

<i>Kontaktepидemie</i>	Epidemie, bei der Infektionen und Erkrankungen über einen längeren Zeitraum durch direkte, zu Infektionen führende Kontakte von Mensch zu Mensch zunehmen.
<i>Kontamination</i>	Verunreinigung mit atomaren, chemischen oder (wie in der vorliegenden Studie) mit biologischen Substanzen (Krankheitserregern).
<i>Krise</i>	Störung großen Ausmaßes.
<i>Krisenmanagement</i>	Alle Tätigkeiten zur Vorbereitung auf Krisen, zur Krisenbewältigung und zur Nachbereitung von Krisen.
<i>Kritikalität</i>	Maß für die Bedeutsamkeit einer Infrastruktur in Bezug auf die Konsequenzen, die eine Störung oder ein Funktionsausfall für die Versorgungssicherheit der Gesellschaft mit wichtigen Gütern und Dienstleistungen hat.
<i>Kritische Infrastrukturen</i>	Kritische Infrastrukturen sind Organisationen und Einrichtungen mit besonderer Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden. Zu den Kritischen Infrastrukturen zählen unter anderem der Energiesektor, der Sektor Informations- und Telekommunikationstechnik, der Sektor Transport und Verkehr, der Sektor Versorgung einschließlich Trinkwasser und Lebensmittel, Gesundheit, Notfall- und Rettungswesen sowie Entsorgung, der Sektor Gefahrstoffe einschließlich sensibler Industrien, der Sektor Behörden und Öffentliche Verwaltung, der Sektor Banken-, Finanz- und Versicherungswesen sowie auch symbolträchtige Bauwerke, Medien und Großforschungseinrichtungen.
<i>Längsschnittstudie</i>	Längsschnittbetrachtungen untersuchen im Gegensatz zu Querschnittsstudien die Entwicklung eines Phänomens in einer Bevölkerung im Verlauf eines vorgegebenen Zeitraums.
<i>Meldepflichtige Krankheiten</i>	In der Bundesrepublik Deutschland sind gemäß dem Infektionsschutzgesetz dort festgelegte übertragbare Krankheiten der Gesundheitsbehörde anzuzeigen. Je nach Krankheit sind der Verdacht, die Erkrankung und/oder der Tod zu melden.
<i>Meldeverzug</i>	Zeit zwischen der Diagnose einer Erkrankung und dem Eingang in der Behörde, die für die Entgegennahme der Meldung zuständig ist.
<i>Morbiditätsrate</i>	Anzahl der Erkrankten pro Bevölkerungskollektiv und Zeiteinheit.
<i>Multibarrierenprinzip</i>	Barrieren zum Schutz vor Verunreinigungen des Trinkwassers.
<i>Naturkatastrophe</i>	Katastrophen, die durch natürliche Prozesse oder Phänomene in der Biosphäre ausgelöst werden und die zu einem Schadensereignis führen können.
<i>Neuralgischer Punkt</i>	Prozessbereich oder einzelnes Risikoelement, deren Beeinträchtigung oder Zerstörung zu weitreichenden Ausfällen oder Schäden führen kann.
<i>Normalsituation</i>	In der vorliegenden Studie ein Infektionsgeschehen, das während des betrachteten Zeitraums unter normalen Umständen – und nicht während eines Katastrophenereignisses – zu erwarten gewesen wäre.
<i>Oberflächenwasser</i>	Wasser natürlicher oder künstlicher oberirdischer Gewässer (Flüsse, Seen und Talsperren) sowie angereichertes Grundwasser.

<i>Öffentliche Wasserversorgung</i>	Anlagen nach § 3 Nr. 2 a) TrinkwV einschließlich des dazugehörigen Leitungsnetzes, aus denen auf festen Leitungswegen an Anschlussnehmer Wasser für den menschlichen Gebrauch abgegeben wird.
<i>Oozyste/Zyste</i>	Entwicklungsstadium von Sporentierchen wie z.B. Parasiten. Eine äußere Hülle schützt in diesem Stadium den Parasiten, wodurch das Überleben im Wasser und anderen Umweltmedien erleichtert und die Chlorresistenz erhöht wird.
<i>Pandemie</i>	Epidemie ohne räumliche Grenzen, die sich während eines bestimmten Zeitraums über mehrere Länder oder Erdteile erstreckt.
<i>Pathogenität</i>	Fähigkeit eines biologischen Agens, eine Krankheit hervorzurufen.
<i>Pathovare</i>	Bakterienstämme unterschiedlicher Pathogenität.
<i>Persistenz</i>	Überlebensfähigkeit von Mikroorganismen im Wasser.
<i>Perzentil</i>	Ein q%-Perzentil ist derjenige Merkmalswert einer der Größe nach geordneten Beobachtungsreihe, unterhalb dessen q% und oberhalb dessen (100-q)% der Werte der Verteilung liegen.
<i>Public Health</i>	Wissenschaft und Kunst, unter der Einbeziehung organisierter Anstrengungen der Gesellschaft Krankheiten vorzubeugen sowie Leben zu verlängern und die Gesundheit zu fördern.
<i>Quellwasser</i>	Aus einer Quelle frei zu Tage tretendes Grundwasser.
<i>Redundanz</i>	Mehrfaches Vorhandensein von Strukturen zur Erbringung derselben Leistung.
<i>Referenzdefinition</i>	Definition des RKI zur Kategorisierung von Krankheiten. Unterschieden werden klinisch diagnostizierte Erkrankungen, klinisch-epidemiologisch bestätigte Erkrankungen, klinisch-labordiagnostisch bestätigte Erkrankungen, labordiagnostisch nachgewiesene Infektionen bei nicht erfülltem klinischen Bild und labordiagnostisch nachgewiesene Infektionen bei unbekanntem klinischem Bild. Die Art der Referenzdefinition bzw. der Datenerhebung ist vom Erregertyp bzw. der Erkrankung abhängig.
<i>Reiter-Syndrom</i>	Erkrankung, die geprägt ist durch das gemeinsame Auftreten von Fieber, Gelenkentzündungen, Entzündungen der Bindehaut, der Harnröhre sowie von Hautveränderungen.
<i>Reliabilität</i>	Gütekriterium epidemiologischer Studien, welches die Zuverlässigkeit der Ergebnisse und Wiederholbarkeit unter gleichen Voraussetzungen beschreibt.
<i>Resilienz</i>	Relatives Maß für die Dauer, die eine Kritische Infrastruktur die Einwirkung eines Ereignisses verkraften kann, ohne in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt zu werden.
<i>Resistenz</i>	Siehe „Robustheit“.
<i>Retentionsraum</i>	Rückhalteraum im Seitenbereich eines Flussbettes oder einer Aue, in dem bei Hochwasser ein Teil des Wassers zwischengespeichert wird. Diese Fläche führt dazu, dass das Wasser flussabwärts langsamer steigt.

<i>Risiko</i>	<p>Aus Sicht des Bevölkerungsschutzes: Eintrittswahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Ereignisses multipliziert mit dem Schadensausmaß.</p> <p>Aus Public Health-Sicht: Sachverhalte, die die Möglichkeit in sich bergen, Ursachen/Gründe für Krankheiten/Gesundheitsprobleme oder für deren unterschiedliche Verteilung oder deren Zunahme bzw. Abnahme zu werden.</p>
<i>Risikoanalyse</i>	<p>Planerisch-technisches Verfahren zur Ermittlung (Risikoidentifizierung) und Bewertung (Risikobewertung) von konkreten Gefahrenpotentialen für Infrastrukturen in einem bestimmten räumlichen/zeitlichen Kontext, von deren Schadensausmaße/Schadenhöhen und deren Eintrittswahrscheinlichkeiten auf der Basis von Beobachtung, Modellierung, Gefahren- und Gefährdungsanalysen sowie Szenarienbildung.</p>
<i>Risikomanagement</i>	<p>Summe von Maßnahmen zur Reduzierung, Steuerung und Regulierung von Risiken.</p>
<i>Robustheit</i>	<p>Fähigkeit einer Kritischen Infrastruktur, der physischen Einwirkung eines Ereignisses widerstehen zu können und somit durch dieses nicht beschädigt oder in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt zu werden.</p>
<i>Rohwasser</i>	<p>Wasser, das noch keinen Aufbereitungsprozess durchlaufen hat.</p>
<i>Schutzniveau</i>	<p>Maß für den aktuellen Schutzstatus einer Kritischen Infrastruktur in Bezug auf eine spezifische Gefahr.</p>
<i>Selbsthilfe</i>	<p>Individuelles privates Handeln von Bürgern und Institutionen zur Vermeidung bzw. Überwindung eingetretener Gefahren- und Schadenssituationen mit und ohne öffentliche Unterstützung durch Einrichtungen der Gefahrenabwehr.</p>
<i>Selbstschutz</i>	<p>Bemühungen der Bevölkerung, Behörden und Betriebe, Schadenfolgen aus eigener Kraft zu bekämpfen oder zu mindern.</p>
<i>Standardisiertes Morbiditätsratio</i>	<p>In der vorliegenden Studie das Verhältnis zwischen der Erkrankungszahl in einem definierten Zeitraum und der Erkrankungszahl in einem Referenzzeitraum derselben Population.</p>
<i>Substituierbarkeit</i>	<p>Maß für die Ersetzbarkeit der Leistung einer Kritischen Infrastruktur durch die Leistung einer anderen Infrastruktur.</p>
<i>Surveillance</i>	<p>Systematische und kontinuierliche Sammlung, Analyse und Interpretation von Daten in Raum und Zeit, die eng verbunden ist mit der zeitlichen und verständlichen Weitergabe der Ergebnisse und einer Bewertung für Entscheidungsträger, so dass Maßnahmen erfolgen können.</p>
<i>Suszeptibilität</i>	<p>Empfänglichkeit eines Organismus für das Auftreten einer Erkrankung nach erfolgter Infektion.</p>
<i>Task Force</i>	<p>Hoch spezialisierte, in der Regel mobile Einsatzgruppe mit entsprechenden Spezialfähigkeiten.</p>
<i>Tenazität</i>	<p>Überlebensfähigkeit von Krankheitserregern außerhalb eines Wirtsorganismus, z.B. in der Umwelt oder in Abwasser.</p>
<i>Transparenz</i>	<p>Maß für die Nachvollziehbarkeit der Zusammensetzung und Funktionsweise einer Kritischen Infrastruktur.</p>

<i>Trinkwasser</i>	Wasser für den menschlichen Gebrauch, das von Krankheitserregern frei sein sollte.
<i>Trinkwasseraufbereitung</i>	Sammelbezeichnung für alle Maßnahmen zur Optimierung der Trinkwasserqualität. Gängige Verfahren sind Flockung, Filtration und Desinfektion.
<i>Trinkwassergewinnung</i>	Bezug von Trinkwasser aus Grundwasser, Oberflächenwasser, Uferfiltrat oder Quellwasser.
<i>Trinkwasserqualität</i>	Grundlage zur Sicherstellung von Qualitätsanforderungen an das Trinkwasser in Deutschland ist die Trinkwasserverordnung, die die Angabe von Grenzwerten und von chemischen, biologischen und physikalischen Eigenschaften des Wassers festlegt.
<i>Trübung</i>	Maß gelöster Schwebstoffe im Wasser, das auf Verunreinigungen hindeutet.
<i>Übertragungsweg</i>	Art des Eindringens eines Erregers in einen Organismus.
<i>Uferfiltrat</i>	Wasser, das den Wassergewinnungsanlagen durch das Ufer eines Flusses oder Sees im Untergrund nach Bodenpassage zusickert und sich mit dem anstehenden Grundwasser vermischt.
<i>Underreporting</i>	Unterlassen von Meldungen.
<i>Validität</i>	Gütekriterium epidemiologischer Studien, das beschreibt, ob und inwieweit das Erhebungsinstrument geeignet ist, die interessierenden Merkmale/Sachverhalte zu erfassen/abzubilden und inwieweit es Gültigkeit bezüglich der Fragestellung besitzt.
<i>Vb-Großwetterlage</i>	Als „Vb-Großwetterlage“ werden Tiefdruckgebiete bezeichnet, deren Zugbahn von der Adria nordwärts über Österreich, Ungarn und der Tschechischen Republik nach Polen führt. Überdurchschnittliche Niederschläge sind charakteristisch, da diese Tiefs südlich der Alpen meist feuchte Warmluft aus der Mittelmeerregion in ihre Zirkulation einbeziehen und im weiteren Verlauf nach Norden transportieren, wo durch Hebungsvorgänge der in der Luft enthaltene Wasserdampf kondensiert und als Niederschlag ausfällt.
<i>Vektor</i>	Überträger von Krankheitserregern, die bei der Übertragung eines Erregers von einem Wirt auf einen anderen Organismus nicht selbst erkranken, wie z.B. Malariamücken.
<i>Virulenz</i>	Schwere einer Krankheit. Die Virulenz wird durch die Virulenzfaktoren Invasivität, Infektiosität und Toxizität bestimmt.
<i>Vulnerabilität, vulnerable Gruppen</i>	<p>Aus Sicht des Bevölkerungsschutzes: Gefahrenspezifische Anfälligkeit einer Kritischen Infrastruktur für Beeinträchtigung oder Ausfall ihrer Funktionsfähigkeit, welche zur Unterbrechung der Versorgung der Bevölkerung mit wichtigen Gütern und Diensten führen kann</p> <p>Aus Public Health-Sicht: Aufgrund von bestimmten Ereignissen die Anfälligkeit des Auftretens von Verletzungen, Erkrankungen oder anderen Gesundheitseinschränkungen in der Bevölkerung und hier vor allem in Bevölkerungsgruppen, die besonders anfällig sind wie z.B. Kleinkinder, Personen in höherem Lebensalter, Schwangere und immunsupprimierte Personen.</p>

<i>Wasserbürtige Infektionskrankheiten</i>	Infektionskrankheiten, die über die Aufnahme von verunreinigtem Wasser oder von Lebensmitteln, die mit verunreinigtem Wasser zubereitet wurden, übertragen werden.
<i>Wasserfassungsanlage</i>	Bauliche Anlage zur Gewinnung von Wasser (z. B. Brunnen, Quelfassung, Sickerstollen).
<i>Wassersicherstellung</i>	Die Wassersicherstellung nach Wassersicherungsgesetz dient der Versorgung der Bevölkerung und der Streitkräfte mit Trinkwasser, Betriebswasser, Löschwasser, der Ableitung und Behandlung des Abwassers sowie anderer Maßnahmen im Verteidigungsfall.
<i>Wasserversorgung</i>	Siehe „Öffentliche Wasserversorgung“.
<i>Wasserwerk</i>	Betriebsstätte zur Wassergewinnung, Wasseraufbereitung und ggf. Wasserspeicherung.
<i>Water Safety Plan</i>	Trinkwassersicherheitskonzept zur Sicherstellung der Wasserqualität vom Einzugs- oder Wassergewinnungsgebiet bis zur Zapfstelle des Verbrauchers.
<i>Wiederherstellungsaufwand</i>	Maß für den zeitlichen und finanziellen Aufwand, der mit der Wiederherstellung einer Kritischen Infrastruktur und ihrer Funktionsfähigkeit nach Beschädigung oder Zerstörung verbunden wäre.
<i>Z-Standardisierung</i>	Verfahren, mit dem Zufallsvariablen unterschiedlicher Skalen vergleichbar gemacht bzw. standardisiert werden können, indem sie in Relation zum arithmetischen Mittelwert und zur Standardabweichung gesetzt werden.
<i>Zyste</i>	Siehe „Oozyste“.

Anhang

Fragebogen der Gesundheitsämterbefragung

Leitfragen zum Dissertationsthema

„Vulnerabilität der Kritischen Infrastruktur Wasserversorgung gegenüber Naturkatastrophen – Auswirkungen des Augusthochwassers 2002 auf die Wasserversorgung und das Infektionsgeschehen der Bevölkerung in Sachsen und Sachsen-Anhalt“

im Promotionsstudiengang Public Health, Universität Bielefeld

Das Thema der Dissertation wird anhand der Hochwasserkatastrophe 2002 untersucht. Hierzu werden die Fallzahlen wasserbezogener Infektionskrankheiten im Hochwasserzeitraum mit gemeldeten Fallzahlen in einem Referenzzeitraum verglichen (2001, 2003-2005).

Ein Hauptaugenmerk liegt bei der Untersuchung auf den Kreisen Sachsens und Sachsen-Anhalts, in denen die Wasserversorgung während oder nach dem Hochwasser eingeschränkt war oder ausgefallen ist (Wasser wurde aus benachbartem Versorgungsgebiet hergeleitet; Versorgung mit Wasserwagen, Notbrunnenversorgung, etc.).

Zur Durchführung der Studie stellen sich folgende Fragen:

1. War in Ihrem Kreis/in Ihrer kreisfreien Stadt während des Hochwassers 2002 die zentrale Wasserversorgung **betroffen**?
(Wenn nein, bitte weiter mit Frage 5)
2. War die Versorgung der Bevölkerung im Kreisgebiet nur **eingeschränkt** möglich?
 - 2.1 Wenn ja, wie sah die „Einschränkung“ aus?
(z.B. Wasser wurde aus benachbartem Versorgungsgebiet hergeleitet, etc.)
 - 2.2 Für welchen Zeitraum bestand eine eingeschränkte Versorgung?
(Kalenderwoche oder Datum)
 - 2.3 Wie viele Personen waren im Kreisgebiet von einer Einschränkung betroffen?
(Prozentschätzung auch möglich)
3. War die Wasserversorgung im Kreisgebiet **ausgefallen**?
 - 3.1 Wenn ja, für welchen Zeitraum war die zentrale Wasserversorgung unterbrochen?
(Kalenderwoche oder Datum)

- 3.2 Wie viele Personen waren im Kreisgebiet von einem Ausfall betroffen?
(Prozentschätzung auch möglich)
- 3.3 Wurde eine Ersatzwasserversorgung installiert?
- 3.4 Wenn ja, wie wurde die Ersatzversorgung durchgeführt?
(z.B. Verbundsystem, Wasserwagen, Mineralwasserverteilung, Notbrunnen, etc.)
- 3.5 Wie viele Personen wurden im Kreisgebiet mit „Ersatzwasser“ versorgt?
(Prozentschätzung auch möglich)
4. Gab es während oder nach dem Hochwasser Beeinträchtigungen der **Trinkwasserqualität**?
- 4.1 Wurden Grenzwertüberschreitungen gemessen?
- 4.2 Wenn ja, für welchen Zeitraum?
(Kalenderwoche oder Datum)
- 4.3 Wie viele Personen waren im Kreisgebiet von Grenzwertüberschreitungen betroffen?
(Prozentschätzung auch möglich)
- 4.4 Welche Maßnahmen wurden durchgeführt, um die Trinkwasserqualität zu verbessern?
(z.B. Höherchlorung etc.)
5. Wurden in Ihrem Kreis im Zuge des Hochwassers 2002 Auffälligkeiten im **Infektionsgeschehen** bemerkt?
- 5.1 Wenn ja, welche?
- 5.2 In welchem Zeitraum?
(Kalenderwoche oder Datum)

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst habe. Dabei verwendete Hilfsmittel habe ich angegeben und wörtliche wie inhaltliche Zitate gekennzeichnet.

Ich versichere, dass die vorliegende Arbeit nicht anderweitig in dieser Form als Dissertation eingereicht wurde und ich bisher auch keine weiteren Versuche zur Promotion unternommen habe.

Angela Queste

Bonn, 22. November 2009