

Schriftliche Stellungnahme im Rahmen der Anhörung von Sachverständigen der Enquetekommission II des Landtags NRW zum Thema „Krisen- und Notfallmanagement im Kontext von Klimawandel (Gesundheitssystem)“ am 3. Juni 2024, 10:00 Uhr bis 12:30 Uhr, Raum E3 A02, Livestream

Sehr geehrte Damen und Herren,

herzlichen Dank für die Einladung zur Anhörung der Enquetekommission II des Landtags NRW zum Thema „Krisen- und Notfallmanagement im Kontext von Klimawandel (Gesundheitssystem)“. Gerne fungiere ich im Rahmen dieser Anhörung als Sachverständiger und stelle Ihnen mein Wissen und meine Erfahrungen zur Verfügung – in der Hoffnung, einen Beitrag zur Verbesserung des Krisen- und Notfallmanagements in NRW zu leisten. Vor dem Hintergrund meiner fachlichen Expertise konzentriere ich mich in dieser Stellungnahme auf die Beantwortung der Fragen 1, 2, 9 und 11. Für die Beantwortung der Fragen war mir die Überblicksstudie des geschätzten Kollegen Carsten Butsch (Butsch et al. 2023) von großem Wert.

Frage 1: Haben Sie einleitend Anregungen, die Sie uns für die Arbeit in der Enquetekommission geben möchten?

Die Klimamodelle des Weltklimarats (IPCC 2022) legen nahe, dass Extremwetterereignisse durch den anthropogen erzeugten Klimawandel in Zukunft wahrscheinlicher werden. Vor diesem Hintergrund spricht die Weltgesundheitsorganisation (WHO 2019) vom Klimawandel als einer der größten Bedrohungen für die globale Gesundheit im 21. Jahrhundert. Für Deutschland lässt sich eine Veränderung bei den Ereignistypen Hitze und Trockenheit, Starkregen und Sturmflut sowie Flusshochwasser und Sturmflut feststellen (DWD 2022a). Dabei gilt: Je extremer und seltener ein Ereignis ist, desto mehr beeinflusst die begrenzte Länge der Beobachtungsreihen die Möglichkeiten, Veränderungen zu erkennen.<sup>1</sup> Nach derzeitigem Kenntnisstand ist trotz Unsicherheiten davon auszugehen, dass meteorologische und hydrologische Extremwetterereignisse in Deutschland bei fortschreitendem Klimawandel in Ausmaß und Häufigkeit zunehmen werden (UBA 2021).

Während „Risiko“ klassischerweise als Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schaden definiert wird (Zinn 2008), bemühen sich die Fachdisziplinen Geographie und Soziologie seit mehr als drei Dekaden um ein Verständnis, das die Verwundbarkeit von Gesellschaften ins Zentrum rückt (Beck 1986, 2008; Bohle et al. 1994, 2001; Müller-Mahn 2013; Renn 2008). Vor dem Hintergrund konzeptioneller Debatten um Gesellschaften als komplexe sozial-ökologische Systeme (Holling 2001; Berkes et al. 2002; Walker & Salt 2006), verstehe ich Extremwetterereignisse als dynamische Ereignisse innerhalb eines begrenzten Zeitrahmens, die das

---

<sup>1</sup> Die Belege sind für temperatur- und meeresspiegelbedingte Wirkungsketten robuster als für niederschlags- und windbedingte und für großräumige Phänomene wie Dürren stärker als für kleinräumige wie Starkregen oder Tornados. Bzgl. Hitze weisen gängige Indikatoren signifikante Veränderungen auf (DWD 2022a). Bzgl. Dürren sind anhand von meteorologischen Indikatoren deutschlandweit Veränderungen nachzuweisen (DWD 2022b), während sich signifikante Trends bei hydrologischen Indikatoren nur regional zeigen (BfG 2021). Bzgl. Flusshochwassern ist an vielen Pegeln ein Anstieg der jährlichen Abflussmaxima zu beobachten, auch wenn Nachweise für extreme Hochwasserereignisse mit 100-jähriger Wiederkehrwahrscheinlichkeit oft nicht verfügbar sind. Ein ähnliches Bild ergibt sich für Sturmfluten an der Nordsee (Butsch et al. 2023).

Funktionieren eines sozial-ökologischen Systems beeinträchtigt (Broska et al. 2020: 4). Diese Ereignisse lösen Katastrophen aus, wenn sie auf anfällige Bedingungen treffen und Menschen, Infrastrukturen, die Wirtschaft oder die Umwelt so stark schädigen, dass Hilfe von außen notwendig wird (vgl. IPCC 2012).

Im Zusammenhang mit Extremwetterereignissen unterscheidet der jüngste Sachstandsbericht des Weltklimarats (IPCC 2022) zwischen singulären, überlagerten und kaskadierenden Risiken. Von überlagerten Risiken spricht man, wenn mehrere singuläre Extremereignisse gleichzeitig auftreten (z.B. Krieg und Überschwemmung). Von kaskadierenden Risiken spricht man, wenn ein Extremereignis (z.B. Überschwemmung) weitere Extremereignisse auslöst (z.B. Stromausfall, Beeinträchtigung des Gesundheitssystems, etc.). Bezugnehmend auf das Verständnis von Gesellschaften als komplexe sozial-ökologische Systeme möchte ich Ihnen die Berücksichtigung von kaskadierenden Risiken ans Herz legen. Die Perspektive kaskadierender Risiken geht über die Wahrnehmung direkter Auswirkungen von Extremereignissen hinaus (z.B. vollgelaufene Keller im Zuge einer Sturzflut) und erkennt auch nachgelagerte Folgerisiken (z.B. bei Aufräumarbeiten durch Kontakt mit kontaminiertem Wasser ausgelöste Infektionskrankheiten) an. Darüber hinaus trägt sie der Tatsache Rechnung, dass Extremwetterereignisse nicht unbedingt linear ablaufen. Oft entstehen unvorhersehbare Dynamiken, weil die Zahl der Verbindungen zwischen den Teilsystemen sehr groß ist und deren Wechselwirkungen schwer vorhersehbar sind. So können kleine Veränderungen große Wirkungen haben, wenn systemische Kippunkte überschritten werden.

Frage 2: Welche spezifischen Auswirkungen haben Extremwetterereignisse auf die psychische und physische Gesundheit der Bevölkerung?

Die Perspektive kaskadierender Risiken bietet einen geeigneten Analyserahmen, um die Auswirkungen von Extremwetterereignissen auf die physische und psychische Gesundheit der Bevölkerung zu analysieren.

### Hochwasserereignisse

Allgemein unterscheidet man in Deutschland drei Arten von Überschwemmungsereignissen, nämlich Sturmfluten (v.a. an der Nordsee), Flusshochwasser (v.a. an den großen Fließgewässern Rhein, Donau, Elbe) und Sturzfluten (v.a. in engen Tälern mit steiler Topographie). Zu den unmittelbaren Folgen von Überschwemmungsereignissen auf die Gesundheit zählen Todesfälle durch Ertrinken und Verletzungen. Infolge von Sachschäden kann es zu weiteren Todesfällen durch Herzinfarkte, Stromschläge, Brände oder Gaslecks kommen (DKKV 2022). Zu den indirekten Folgen zählt die Störung kritischer Infrastrukturen (z.B. Energieversorgung, Wasserversorgung und -entsorgung, Transport und Verkehr), die zu Engpässen in der medizinischen Versorgung und zu Behinderungen der Katastrophenbewältigung (z.B. ausbleibende Bereitstellung lebenswichtiger Güter) führen kann (ebd.). Weitere indirekte Folgen können durch erhöhte Exposition gegenüber Hitze und Kälte aufgrund unzureichender Unterbringung auftreten (Butsch et al. 2023).

Zu den nachgelagerten Folgen von Überschwemmungsereignissen gehören Schimmelbildung in hochwassergeschädigten Gebäuden, die zu Atemwegserkrankungen führen können, sowie

Schäden an der Trinkwasser- und Abwasserinfrastruktur und Ausfall von Kühlschränken, die zu Lebensmittelinfektionen führen können (UBA 2021). Darüber hinaus können vektor- und durch Nagetiere übertragene Krankheiten zunehmen (Beermann et al. 2023). Der Verlust von Agrarflächen kann die regionale Nahrungsmittelproduktion bedrohen (Lane et al. 2013). Schadstoffe und Keime können über Oberflächenabfluss, Mischwasserüberläufe und die Zerstörung von Abwasserinfrastrukturen in die Gewässer gelangen (Launay et al. 2016). Darüber hinaus können persistente organische Schadstoffe, Schwermetalle, Pestizide, Radionuklide und Keime aus Sedimenten und belasteten Böden mobilisiert werden (Euripidou et al. 2004). Der Kontakt mit kontaminiertem Wasser birgt ein erhöhtes Infektionsrisiko durch Bakterien (DKKV 2022). Bzgl. der Abschätzung nachgelagerter Folgen besteht aufgrund der begrenzten Datenlage noch Forschungsbedarf (Butsch et al. 2023).

Neben Folgen für die physische Gesundheit sind auch Folgen für die psychische Gesundheit bekannt (Weilhammer et al. 2021). So wurde nach Überschwemmungsereignissen eine Zunahme posttraumatischer Belastungsstörungen (PTBS), Angststörungen, Depressionen und Selbstmorde festgestellt, die noch Wochen, Monate und Jahre nach dem Ereignis beobachtet werden können (ebd.). Neben der unmittelbaren traumatischen Erfahrung des Ereignisses zählen zu den Ursachen auch materielle Verluste und die Herausforderungen des oft langwierigen Wiederaufbauprozesses (Bubeck & Thieken 2018). Im Sommer 2023 konnte ich mir selbst ein Bild von den psychischen Folgen der Flutkatastrophe 2021 im Ahrtal machen, die noch zwei Jahre nach dem Ereignis nachzuweisen sind.

## Sturmereignisse

Großräumige Sturmereignisse treten in Deutschland auf, wenn große Tiefdruckgebiete (Zyklone) vom Atlantik kommend über Mitteleuropa ziehen und Windgeschwindigkeiten von bis zu 200 km/h auslösen (Pinto & Reyers 2017). Daneben treten in Deutschland jährlich etwa 20-60 Tornados auf, die auch kleinräumig schwere Schäden verursachen können (DWD 2022c). Direkte gesundheitliche Folgen von Stürmen sind Verletzungen mit und ohne Todesfolge (Saulnier et al. 2017). Verletzungen treten aber auch indirekt auf, etwa unter Ersthelfern bei Aufräumarbeiten (Johanning et al. 2014). Der Stress während des Sturmereignisses sowie durch veränderte Lebensbedingungen danach (z.B. Obdachlosigkeit, Arbeitslosigkeit) können mittelfristig zu einer Zunahme von nicht übertragbaren Krankheiten, z.B. kardiovaskulärer Art, führen (Babaie et al. 2021). Indirekte gesundheitliche Folgen können sich durch den Ausfall kritischer Infrastrukturen ergeben. Ausfälle der Wasserversorgung und der sanitären Einrichtungen begünstigen Infektionen, und ein Anstieg des Kontakts mit Tieren erhöht das Risiko von Krankheitsübertragung und Bissverletzungen (Saulnier et al. 2017). Durch die temporäre Beeinträchtigung der Gesundheitsversorgung vor Ort kann es zu kritischen Situationen für Schwangere und Menschen mit Vorerkrankungen kommen (Casey et al. 2020).

Traumatische Ereignisse während des Sturms können langfristige Folgen für die psychische Gesundheit haben, wie PTBS (ebd.). Der Verlust der öffentlichen Ordnung betrifft besonders vulnerable Gruppen wie Kinder und ältere Menschen. Darüber hinaus kann es zu einem erhöhten Risiko sexualisierter Gewalt, insbesondere gegenüber Frauen, kommen (Harville et al. 2010).

## Dürren

Eine Kombination aus anhaltend geringen Niederschlägen und hohen Temperaturen kann aufgrund von Wassermangel im Oberflächenboden zu Trockenstress in landwirtschaftlich geprägten Ökosystemen führen (sog. landwirtschaftliche Dürre). Unmittelbare Folgen können eine Zunahme der Gefahr von Vegetationsbränden und eine Abnahme der Trinkwasserqualität sein. Vegetationsbrände gefährden die körperliche Gesundheit der Betroffenen sowie der Rettungskräfte direkt durch Verbrennungen, Rauchentwicklung und damit verbundene Folgen für die Atemwege, aber auch indirekt durch die Störung der Infrastruktur (Xu et al. 2020). Hohe Wassertemperaturen und geringere Fließgeschwindigkeiten bei Niedrigwasser werden mit dem massenhaften Auftreten von potenziell toxischem Phytoplankton (Algenblüten) in Verbindung gebracht (Dupke et al. 2023). Mögliche Richtwertüberschreitungen können eine intensivere Trinkwasseraufbereitung erforderlich machen. Der Kontakt mit dem kontaminierten Wasser kann zu Magen-Darm-Infektionen sowie Zoonosen führen (Salvador et al. 2020). Da Dürren in der Regel mit blockierenden Hochdruckgebieten und einem reduzierten Austausch der Luftmassen einhergeht, kann es zu einer Akkumulation von Schadstoffen in der Atmosphäre und damit zu einer Verschlechterung der Luftqualität mit entsprechenden gesundheitlichen Folgen kommen (ebd.). Menschen, die in der Landwirtschaft arbeiten, sind aufgrund von Hitze und starker Sonneneinstrahlung besonderen Risiken wie Hitzschlag, Herz-Kreislauf-Versagen und Hautkrebs ausgesetzt (Winklmayr et al. 2023). Indirekt können Dürren zur Ausbreitung von vektorübertragenen Krankheiten führen, z.B. wenn sich Stechmücken in Abwesenheit von Fressfeinden in Wasserlöchern oder Behältern vermehren (Beermann et al. 2023).

Auch die psychische Gesundheit kann durch Dürren beeinträchtigt werden, etwa durch die verursachten ökonomischen Schäden (Cianconi et al. 2020) sowie durch traumatische Erfahrungen im Kontext von Vegetationsbränden (Xu et al. 2020).

Frage 9: Welche Erfahrungen und Lektionen können aus vergangenen Krisen und Naturgefahren gezogen werden, um die Widerstandsfähigkeit des Gesundheitssystems gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels zu stärken?

Die Auswirkungen von Extremwetterereignissen sind für verschiedene Bevölkerungsgruppen unterschiedlich. Übereinstimmende Klarheit besteht dahin gehend, dass Kinder, ältere Menschen sowie Menschen mit körperlichen und geistigen Einschränkungen besonders vulnerabel und daher besonders schutzbedürftig sind, da sie sich nicht immer selbst in Sicherheit bringen können und die auftretenden Belastungen ihre körperlichen und mentalen Grenzen rasch überschreiten. Für ein effizientes Katastrophen- und Krisenmanagement wäre es wichtig zu wissen, wo diejenigen Menschen wohnen, die sich im Falle einer Katastrophe nicht selbständig evakuieren können (Butsch et al. 2023). Darüber hinaus müssen Menschen mit niedrigem sozioökonomischem Status als vulnerabel gelten, da sie häufig in risikofälligen Regionen wohnen und über geringere Bewältigungskapazitäten verfügen (Hertig & Keck 2023). Eine weitere gefährdete Gruppe sind die Ersthelferinnen und Ersthelfer, da sie großen körperlichen Gefahren und psychischen Belastungen ausgesetzt sind (Butsch et al. 2023).

Die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel, die Deutsche Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen, die Nationale Wasserstrategie sowie das im Juli 2021

verabschiedete Klimaanpassungsgesetz in NRW bieten ein solides Fundament für die Festlegung und Umsetzung von Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung auf Bundes- und Landesebene. Neben staatlichen Unternehmungen muss aber auch der private Eigenschutz als wichtiges Element gesamtgesellschaftlicher Resilienz betont werden. Dies ergibt sich bereits aus der Tatsache, dass Rettungskräfte bei Extremereignissen nicht überall gleichzeitig sein können und deshalb einige Zeit verstreichen kann, bis Hilfe eintrifft. Eine vorbereitete Bevölkerung leistet deshalb einen wesentlichen Beitrag zur kollektiven Bewältigung von Katastrophen.

Gesellschaftliche Kohäsion und verlässliche soziale Netzwerke sind ein unerlässlicher Stützpfeiler ziviler Katastrophenhilfe, der in den ersten Stunden der Katastrophe lebensrettend sein kann (Twigg & Mosel 2017). Ein Fokus der Bemühungen sollte daher auf die Stärkung sozialer Netzwerke in Nachbarschaftshilfen, Vereinen, kirchlichen Einrichtungen und am Arbeitsplatz, auf gesellschaftlichen Zusammenhalt sowie auf neuartige Formen der Freiwilligenarbeit gelegt werden. Darüber hinaus ist eine kontinuierliche Verbesserung von Früherkennungs- und Frühwarnsystemen notwendig – z.B. mithilfe bürgerwissenschaftlicher Ansätze (Garschagen & Kox 2023), damit unter Umständen eine Evakuierung vor der Katastrophe erfolgen kann (Rahn et al. 2020). Genauso wichtig erscheint jedoch auch eine entsprechende Nachbearbeitung von Katastrophen zu sein (Fekete 2023). Dies kann insbesondere dabei helfen, die psychischen Belastungen der Bevölkerung sowie der Ersthelferinnen und Ersthelfer abzumildern. Darüber hinaus hilft es aber auch gegen eine allzu rasche Rückkehr zum Normalbetrieb und der damit verhinderten Chance, aus der vergangenen Katastrophe für die Zukunft zu lernen. Nützlich erscheinen hierfür öffentlich einsehbare Extremwetterereignisgefahrenkarten ebenso wie zivilgesellschaftliche (insbesondere künstlerische) Auseinandersetzungen mit der Katastrophe.

Im Sinne der Stärkung der Resilienz sozial-ökologischer Systeme sollte der zentrale Fokus der Bemühungen auf die Stärkung von Ökosystemleistungen (z.B. Renaturierung von Flussauen, Anlegen von Parks, Einrichten von öffentlichen Trinkwasserbrunnen, etc.) sowie auf den Ausbau von grüner und blauer Infrastruktur gelegt werden (Kabisch 2023). Dem Prinzip der Schwammstadt folgend kann eine an die Folgen des Klimawandels angepasste kommunale Hydrologie dabei helfen die Herausforderungen sowohl von Hitze und Dürren als auch von Starkniederschlägen und Überschwemmungen zu lindern (Hertig & Keck 2023). Für den Ausbau der grünen und blauen Infrastruktur ist den Kommunen eine nachhaltige und zielgerichtete finanzielle Unterstützung von Seiten des Landes zuzusichern.

Frage 11: Bitte nennen Sie die aus Ihrer Sicht fünf wichtigsten Punkte, die das Katastrophen- und Krisenmanagement in NRW verbessern würden. Bitte nehmen Sie dabei eine Priorisierung vor.

1. Das Katastrophen- und Krisenmanagement in NRW kann verbessert werden, indem ein Fokus auf die Stärkung von Ökosystemleistungen gelegt und Kommunen dafür eine nachhaltige und zielgerichtete finanzielle Unterstützung von Seiten des Landes zugesichert wird.
2. Das Katastrophen- und Krisenmanagement in NRW kann verbessert werden, indem ein Fokus auf den gesellschaftlichen Zusammenhalt gelegt wird und entsprechende soziale Netzwerke beworben und unterstützt werden.

3. Das Katastrophen- und Krisenmanagement in NRW kann verbessert werden, indem eine Lokalisierung der verwundbarsten Bevölkerungsgruppen erfolgt und die Gruppe der Verwundbaren entsprechend des Konzepts der kaskadierenden Risiken erweitert wird.
4. Das Katastrophen- und Krisenmanagement in NRW kann verbessert werden, indem Unsicherheit (z.B. Schaden durch im Wasser treibende Trümmer bei Sturzfluten) als wesentliches Element von Extremwetterereignissen akzeptiert wird.
5. Das Katastrophen- und Krisenmanagement in NRW kann verbessert werden, indem kaskadierenden Risiken als zentrale Perspektive für die Identifizierung von Ansatzpunkten zur Verhinderung von Katastrophen genutzt werden.

Prof. Dr. Markus Keck  
Lehrstuhl für Urbane Klimaresilienz  
Universität Augsburg  
Zentrum für Klimaresilienz  
Universitätsstraße 12  
86159 Augsburg

## Verwendete Literatur

- Babaie J, Pashaei Asl Y, Naghipour B et al. (2021): Cardiovascular diseases in natural disasters; a systematic review. *Archives of Academic Emergency Medicine* 9(1):e36
- Beck U (1986). Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne. Suhrkamp, Frankfurt a.M.
- Beck U (2008). Weltrisikogesellschaft. Auf der Suche nach der verlorenen Sicherheit. Suhrkamp, Frankfurt a.M.
- Beermann S, Dobler G, Faber M et al. (2023): Impact of climate change on vector- and rodent-borne infectious diseases. *Journal of Health Monitoring* 8(S3):33–61
- Berkes F, Colding J, Folke C (Eds.) (2002): Navigating social-ecological systems: Building resilience for complexity and change. Cambridge University Press, Cambridge
- Bohle H-G (2001): Vulnerability and criticality: Perspectives from social geography. *IHDP Update* 2(1),3–5
- Bohle H-G, Downing TE, Watts MJ (1994): Climate change and social vulnerability. Toward a sociology and geography of food security. *Global Environmental Change* 4(1):37–48
- Broska LH, Poganietz W, Vögele S (2020) Extreme events defined – A conceptual discussion applying a complex systems approach. *Futures* 115:102490
- Bubeck P, Thieken AH (2018): What helps people recover from floods? Insights from a survey among flood-affected residents in Germany. *Regional Environmental Change* 18(1):287–296
- Butsch C, Beckers LM, Nilson E, Frassl M, Brennholt N et al. (2023): Health impacts of extreme weather events – Cascading risks in a changing climate. *Journal of Health Monitoring* 8(S4):33–56
- Casey JA, Fukurai M, Hernández D et al. (2020): Power outages and community health: A narrative review. *Current Environmental Health Reports* 7(4):371–383
- Cianconi P, Betrò S, Janiri L (2020): The impact of climate change on mental health: A systematic descriptive review. *Frontiers in Psychiatry* 11:74
- DKKV [Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge e.V.] (2022): Die Flutkatastrophe im Juli 2021 in Deutschland. Ein Jahr danach: Aufarbeitung und erste Lehren für die Zukunft. DKKV-Schriftenreihe Nr 62. DKKV, Bonn. <https://dkkv.org/wp-content/uploads/2023/05/DKKV-Schriftenreihe-Juli-2022-2-3te-Version-Mai-23.pdf> (27.05.2024)
- Dupke S, Buchholz U, Fastner J et al. (2023): Impact of climate change on waterborne infections and intoxications. *Journal of Health Monitoring* 8(S3):62–77
- DWD [Deutscher Wetterdienst] (2022a): Klimastatusbericht Deutschland Jahr 2021. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach am Main. [https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/publikationen/ksb\\_2021.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/publikationen/ksb_2021.pdf?__blob=publicationFile&v=4) (27.05.2024)
- DWD [Deutscher Wetterdienst] (2022b): Deutscher Klimaatlas. [www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas\\_node.htm](http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.htm) (27.05.2024)
- DWD [Deutscher Wetterdienst] (2022c): Unberechenbare Naturgewalt. Achtung: Tornado. DWD, Offenbach. [https://www.dwd.de/SharedDocs/broschueren/DE/presse/tornado\\_pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=13](https://www.dwd.de/SharedDocs/broschueren/DE/presse/tornado_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=13) (27.05.2024)
- Euripidou E, Murray V (2004): Public health impacts of floods and chemical contamination. *Journal of Public Health* 26(4):376–383
- Fekete A (2023): Der Klimawandel als Herausforderung für den städtischen Katastrophenschutz. *Geographische Rundschau* 23(7-8):22–27
- Garschagen M, Kox T (2023): Citizen Science zur Wetter- und Schadensbeobachtung. *Geographische Rundschau* 23(7-8):40–45
- Harville E, Xiong X, Buekens P (2010): Disasters and perinatal health: A systematic review. *Obstetrical & Gynecological Survey* 65(11):713–728
- Hertig E, Keck M (2023): Deutschlands Städte im Klimawandel. *Geographische Rundschau* 23(7-8):6–9
- Holling C (2001): Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems* 4,390–405
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change] (2012): Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge und New York.
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change] (2022): Climate Change 2022: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of working group II to the sixth assessment report of the

- Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge und New York.
- Johanning E, Auger P, Morey PR et al. (2014): Review of health hazards and prevention measures for response and recovery workers and volunteers after natural disasters, flooding, and water damage: Mold and dampness. *Environmental Health and Preventive Medicine* 19(2):93–99
- Kabisch N (2023): Ökosystemleistungen der Stadtnatur für Gesundheit und Wohlbefinden. Herausforderungen im Klimawandel. *Geographische Rundschau* 23(7-8):28–33
- Lane K, Charles-Guzman K, Wheeler K et al. (2013): Health effects of coastal storms and flooding in urban areas: A review and vulnerability assessment. *Journal of Environmental and Public Health* 2013:913064
- Launay MA, Dittmer U, Steinmetz H (2016): Organic micropollutants discharged by combined sewer overflows – Characterisation of pollutant sources and stormwater-related processes. *Water Research* 104:82–92
- Müller-Mahn D (2013) The spatial dimension of risk. How geography shapes the emergence of riskscapes. Routledge, New York
- Pinto J, Reyers M (2017): Winde und Zyklonen. In: Brasseur GP, Jacob D, Schuck-Zöller S (Eds.): Klimawandel in Deutschland: Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer, Berlin und Heidelberg:67–75
- Rahn M, Tomczyk S, Schmidt S (2020): Bekanntheit und Nutzung von Warnmitteln in Deutschland. *BBK Bevölkerungsschutz (Warnung der Bevölkerung)* 2020(3):21–23
- Renn O (2008): Risk governance. Coping with uncertainty in a complex world. Routledge, New York
- Salvador C, Nieto R, Linares C et al. (2020): Effects of droughts on health: Diagnosis, repercussion, and adaptation in vulnerable regions under climate change. Challenges for future research. *Science of the Total Environment* 703:134912
- Saulnier DD, Brodin Ribacke K, von Schreeb J (2017): No calm after the storm: A systematic review of human health following flood and storm disasters. *Prehospital and Disaster Medicine* 32(5):568–579
- Twigg J, Mosel I (2017): Emergent groups and spontaneous volunteers in urban disaster response. *Environment and Urbanization* 29(2):443–458
- UBA [Umweltbundesamt] (2021): Climate Impact and Risk Assessment 2021 for Germany (Summary). *Climate Change* 27/2021. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc\\_27-2021\\_climate\\_impact\\_and\\_risk\\_assessment\\_2021\\_for\\_germany\\_english\\_summary\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_27-2021_climate_impact_and_risk_assessment_2021_for_germany_english_summary_bf.pdf) (27.05.2024)
- Walker BH, Salt D (2006): Resilience thinking: Sustaining ecosystems and people in a changing world. Island Press, Washington DC
- Weilhammer V, Schmid J, Mittermeier I et al. (2021): Extreme weather events in Europe and their health consequences – A systematic review. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 233:113688
- WHO [World Health Organization] (2019): Ten threats to global health in 2019. <https://www.who.int/news-room/spotlight/ten-threats-to-global-health-in-2019> (27.05.2024)
- Winklmayr C, Matthies-Wiesler F, Muthers S et al. (2023): Heat in Germany: Health risks and preventive measures. *Journal of Health Monitoring* 8(S4):3–34
- Xu R, Yu P, Abramson MJ et al. (2020): Wildfires, global climate change, and human health. *The New England Journal of Medicine* 383(22):2173–2181
- Zinn J (Ed.) (2008): Social theories of risk and uncertainty. An introduction. Blackwell Publishing, Malden, Oxford und Carlton