

## **Risikoanalyse Bevölkerungsschutz Bund**

# **Sturmflut**

Stand: 18.12.2014

**The storm event occurs within two working days in November. It lasts for two days, during which the effective storm field of the hurricane low covers the German Bight from the morning of the first day until the morning of the second day. [...]**

**The path of the hurricane low leads to onshore storms and consequently to maximum wind speeds during the night from the first to the second day in the German Bight. These coincide with the astronomical high tide. As a result, a very severe storm surge develops during the night on the German North Sea coast with an additive height of storm surge water level and wave run-up of locally over 9 mNN. The very high water levels associated with the storm surge (6 mNN to 8 mNN), however, only last for approx. 4 h to 6 hours due to the limited astronomical high tide period. [...]**

**Flood protection gates and barrages are occasionally overflowed. In addition, some sea-walls are overtopped by wave damage and dike breaches due to wave run-up of more than 10 metres and the water masses overflowing them. Also areas of the hinterland that would have been protected during smaller storm surges. Due to the relatively short duration of the storm surge, the coastal protection structures are only affected by maximum loads for a few hours, but damaged or broken dikes can still cause problems during subsequent storm surges. Where dike breaches lead to flooding of the hinterland, the extent of the damage can increase days later due to the penetration of seawater. Drainage of low-lying areas can take months. Power outages due to the storm continue for more than three weeks in some areas. [...]**

**Basic assumptions from the scenario: ca. 1,350 km<sup>2</sup> are affected by flooding (cf. chapter**

**2.1) About 150,000 people live in the flooded areas. In addition, there are people from outside who are staying in the areas affected by flooding at the time of the storm surge.**

**More than 6 million people live in areas affected by flooding. This number decreases over time as the power supply is gradually restored as follows:**

**Immediately: more than 6 million people affected by the power blackout,**

**after 1 week: at least 3 million people affected by the power blackout,**

**still after 3 weeks: at least 600,000 people affected by the power blackout.**

**Storm surge, storm and power blackout in their entirety have serious effects on the entire „transport and traffic“ sector. In particular, where inland waterways, railways and roads fail at the same time, this cannot be compensated for. Consequently, correspondingly dramatic on the areas of production, logistics and supply and with immense indirect costs.**

**M1 Fatalities 1,000 - 10,000 of this are storm surge-related: > 150 deaths and storm-related: approx. 110 deaths. The power failure-related: approx. 1,000 deaths direct (e.g. through car accidents due to failed traffic lights) & as a result of need for care (e.g. due to evacuations, cold-related increased cardiovascular morbidity, mortality due to heating failure). [...]**

**U1 Protected areas damaged by the event are considered here (nature reserves, national parks, biosphere reserves, landscape conservation areas, nature parks) as well as fauna (wildlife). Damaged here means: human action is necessary to restore the affected ecosystems. Storm surge-induced flooding leads to soil erosion, siltation, deposition of sediments, uprooting of vegetation, as well as salt and pollutant input. It also causes coastal erosion and sand loss (erosion of marginal dunes, North Sea islands). This also affects the Wadden Sea National Park. Morphological floodplain landscapes with their natural flooding regime are best able to compensate for the harmful effects of seawater. They fulfil a „kidney function“ by purifying the water and reducing nutrient inputs (nitrogen and phosphorus) into the North Sea.**

**V3 Private Households: The natural hazard damage to private property caused by the storm surge is currently not insurable, as the insurance industry does not offer any insurance in this regard. The affected citizens are dependent on state aid. In order to alleviate the consequences for private households, a comprehensive relief fund has been set up to cushion a large part of the burden; further relief will be provided by appeals for donations for the benefit of those affected. However, it will not be possible to compensate for the damage to private property (residential buildings, household effects, etc.) on a one-to-one basis. This is particularly problematic for people who have financed real estate and other property with outside capital and have no corresponding reserves (loans, mortgages, etc.).**

Die Risikoanalyse Sturmflut wurde unter Mitwirkung folgender Bundesbehörden erstellt:

- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR),
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK),
- Bundesamt für Naturschutz (BfN),
- Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), fachlich federführende Behörde
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI),
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG),
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE),
- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt),
- Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW),
- Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA),
- Deutscher Wetterdienst (DWD),
- Kommando Streitkräftebasis (KdoSKB),
- Umweltbundesamt (UBA).

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abbildungsverzeichnis .....	18
Tabellenverzeichnis .....	18
Ergebnisse der Risikoanalyse im Überblick .....	19
<b>I. Szenario</b> .....	<b>20</b>
1. Definition der Gefahr/Ereignisart .....	20
2. Beschreibung des Ereignisses .....	<b>25</b>
2.1 Auftretensort/Räumliche Ausdehnung/Betroffene Bevölkerung .....	25
2.2 Zeitpunkt .....	29
2.3 Auslösende Ereignisse .....	29
2.4 Intensität, Verlauf und Dauer .....	<b>30</b>
2.5 Vorhersagbarkeit/Vorwarnung/Kommunikation .....	31
2.6 Behördliche Maßnahmen .....	34
3. Auswirkungen auf KRITIS/Versorgung .....	<b>36</b>
4. Referenzereignisse .....	57
<b>II. Eintrittswahrscheinlichkeit</b> .....	<b>60</b>
<b>III. Schadensausmaß</b> .....	<b>61</b>
<b>IV. Literatur/Weiterführende Informationen</b> .....	<b>79</b>
Anhang A: Methodik der Sturmflutmodellierung von BSH und BFG .....	83
Anhang B: Nutzung von TraViMo für die Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz .....	87
Anhang C: Risikoanalyse Bevölkerungsschutz Bund – Klassifikation Eintrittswahrscheinlichkeit .....	98
Anhang D: Risikoanalyse Bevölkerungsschutz Bund – Klassifikation Schadensausmaß .....	99

**Abbildungsverzeichnis**

	Seite
Abbildung 1: Übersichtskarte der Deutschen Bucht.....	20
Abbildung 2: MHW- und MNW-Werte für einige Küstenregionen.....	21
Abbildung 3: Scheitelpunktstau für Cuxhaven.....	22
Abbildung 4: Windrichtung und -geschwindigkeit in der Deutschen Bucht des als homogen angenommenen Windfeldes aus dem Szenario „Wintersturm“ .....	23
Abbildung 5: Gezeiten, Windstau und Gesamtwasserstand des Szenarios für Cuxhaven.....	23
Abbildung 6: Räumliche Verteilung der maximalen Windspitzen im Szenario „Sturmflut“ .....	26
Abbildung 7: Karte der potentiell gefährdeten Überflutungsfläche für ein Ereignis $HW_{\text{extrem}}$ nach EG-Hochwasserrisiko-managementrichtlinie (HWRM-RL) .....	27
Abbildung 8: Darstellung der exemplarisch angenommenen Stromausfallgebiete.....	28
Abbildung 9: Wasserstandskurven des Szenarios als Basis für die Berechnung der Wellenauflaufhöhen mit dem Seegangsatlas.....	30

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Eintrittswahrscheinlichkeits-Klasse für die Risikoanalyse Sturmflut.....	19
Tabelle 2: Schadensausmaß-Klassen für die Risikoanalyse Sturmflut.....	19
Tabelle 3: Sturmflutklassen.....	21
Tabelle 4: Alle Termine mit sehr schweren Sturmfluten an ausgesuchten Orten von 1949 bis heute.....	58

**Ergebnis der Risikoanalyse im Überblick**

**Eintrittswahrscheinlichkeit:**

Die für das Ereignis angenommene Eintrittswahrscheinlichkeits-Klasse wird in nachstehender Tabelle dargestellt:

Eintrittswahrscheinlichkeits-Klasse				
A	B	C	D	E
●				

**Tab. 1:** Eintrittswahrscheinlichkeits-Klasse für die Risikoanalyse Sturmflut.

**Schadensausmaß:**

Die für das Ereignis angenommenen Schadensausmaß-Klassen werden in nachstehender Tabelle dargestellt:

Schutzgut	Schadensparameter	Schadensausmaß				
		A	B	C	D	E
MENSCH	M <sub>1</sub> Tote					
	M <sub>2</sub> Verletzte, Erkrankte					
	M <sub>3</sub> Hilfebedürftige					
	M <sub>4</sub> Vermisste					
UMWELT	U <sub>1</sub> Schädigung geschützter Gebiete					
	U <sub>2</sub> Schädigung von Oberflächengewässern/Grundwasser					
	U <sub>3</sub> Schädigung von Waldflächen					
	U <sub>4</sub> Schädigung landwirtschaftlicher Nutzfläche					
	U <sub>5</sub> Schädigung von Nutztieren					
VOLKS- WIRTSCHAFT	V <sub>1</sub> Auswirkungen auf die öffentliche Hand					
	V <sub>2</sub> Auswirkungen auf die private Wirtschaft					
	V <sub>3</sub> Auswirkungen auf die privaten Haushalte					
IMMATERIELL	I <sub>1</sub> Auswirkungen auf die öffentliche Sicherheit und Ordnung					
	I <sub>2</sub> Politische Auswirkungen					
	I <sub>3</sub> Psychologische Auswirkungen					
	I <sub>4</sub> Schädigung von Kulturgut					

**Tab. 2:** Schadensausmaß-Klassen für die Risikoanalyse Sturmflut.

## I. Szenario

### 1. Definition der Gefahr/Ereignisart

Eine Sturmflut ist eine durch Sturm verstärkte Flut. Ebbe und Flut oder die Gezeiten sind periodische Schwankungen des Wasserstandes in Verbindung mit wechselnden Strömungen. Bei auflandigem Sturm und damit verbundenem Windschub an der Meeresoberfläche wird ein auf die Küste gerichteter Gezeitenflutstrom beschleunigt, dadurch dort das Wasser aufgestaut und der Wasserstand erhöht. Im hier betrachteten Szenario geht es um die deutsche Nordseeküste, das zugehörige Seegebiet heißt Deutsche Bucht (Abb. 1). Die Deutsche Nordseeküste ist eine Flachküste mit geringen Wassertiefen und einem ausgedehnten Wattenmeer. Damit ist sie besonders anfällig für Sturmfluten.<sup>25</sup>



#### Legende:

- Referenzorte BSH

#### Datenbasis:

- © GeoBasis-DE / BKG (2014)
- © EuroGeographics bezüglich der Verwaltungsgrenze (Dänemark, Niederlande)

**Abb. 1:** Übersichtskarte der Deutschen Bucht.

An den Küsten der Deutschen Bucht beträgt der örtliche mittlere Tidenhub (MTH) 2 bis 4 m (Abb. 2). Das ist der Höhenunterschied zwischen dem örtlichen mittleren Hochwasser (MHW) und dem örtlichen mittleren Niedrigwasser (MNW).<sup>26</sup> Das MHW, das sich durch Gezeitenanalysen aus mehrjährigen Wasserstandsbe-

<sup>25</sup> Vgl. Dietrich et al. 1975.

<sup>26</sup> Begriffserläuterungen zur Gezeitenkunde finden sich in den jährlich erscheinenden Gezeitentafeln des BSH für die Europäischen Gewässer und unter <http://www.bsh.de/de/Meeresdaten/Vorhersagen/Gezeiten/808.jsp> (zuletzt aufgerufen am 23.10.2014).

obachtungen ableiten lässt,<sup>27</sup> ist bei Sturmfluten ein wichtiges Bezugsniveau. Sowohl Erfahrungswerte der Küstenbewohner zu den lokalen Gezeitenverhältnissen als auch Wasserstandsvorhersagen und Sturmflutwarnungen des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) beziehen sich auf MHW und MNW. Wichtig zu wissen ist, dass sich diese Gezeitengrundwerte schleichend verändern. Als Beispiel kann Hamburg dienen, dessen MHW innerhalb von 50 Jahren von 1,71 m über Normalnull (mNN) auf 2,11 mNN gestiegen ist.<sup>28</sup>

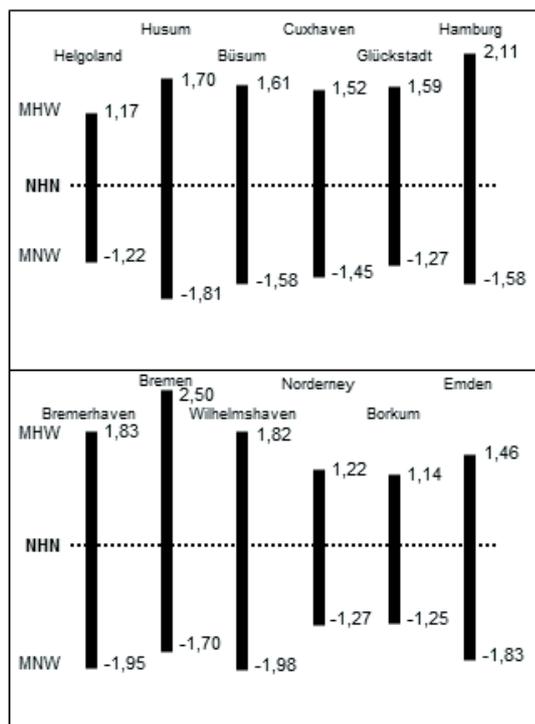


Abb. 2: MHW- und MNW-Werte für einige Küstenorte (aus dem Gezeitenkalender 2015).

Bei auflandigem Sturm (Windrichtungen 210° bis 360° und 0° bis 20°) kann der Wasserstand gegenüber dem mittleren Hochwasser um mehr als 4 m erhöht sein; entsprechend sind die Sturmflutklassen definiert (vgl. Tab. 3).

Bezeichnung	Wasserstand über örtlichem mittlerem Hochwasser (MHW)
Sturmflut	1,5 – 2,5 m
Schwere Sturmflut	2,5 – 3,5 m
Sehr schwere Sturmflut	> 3,5 m

Tab. 3: Sturmflutklassen.

Sehr schwere Sturmfluten sind sehr selten – seit 1950 hat es an der deutschen Nordseeküste lediglich dreizehn gegeben (s. Tab. 4, Seite 58) – aber erst Sturmfluten dieser Klasse können eine Katastrophe auslösen. Auch

<sup>27</sup> Vgl. Müller-Navarra 2013.

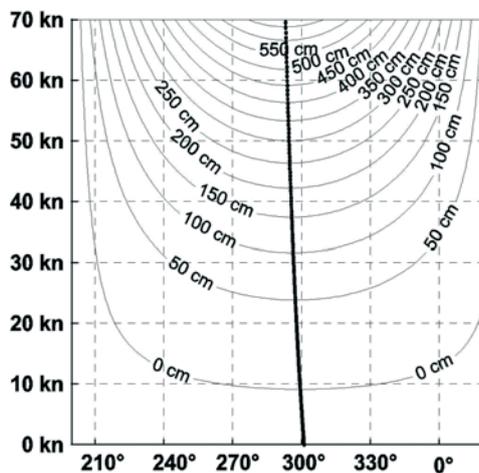
<sup>28</sup> Der Anstieg des Meeresspiegels aufgrund klimatischer Veränderungen ist nicht sicher abzuschätzen. Gleichwohl sind in einigen Jahrzehnten regional noch höhere Wasserstände infolge des Klimawandels wahrscheinlich (vgl. IPCC 2013).

die Hamburg-Sturmflut 1962, die folgenreichste, durch ein Naturereignis ausgelöste Katastrophe der letzten Jahrzehnte in Deutschland, gehört dazu.<sup>29</sup>

Das astronomisch basierte Gezeitengeschehen lässt sich sehr genau vorausberechnen.<sup>30</sup>

Im strengen Sinne sind die Gezeiten aber nicht vollständig von den ebenfalls in Wasserstandsbeobachtungen enthaltenen meteorologisch-klimatologischen Einflüssen zu trennen. Unter der vereinfachenden Annahme, dass Gezeiten und meteorologisch bedingte Wasserstandsänderungen linear überlagert sind, kann der Höhenunterschied zwischen gemessener Wasserstandsganglinie und vorausberechneter astronomisch bedingter Ganglinie als Windstau bezeichnet werden. Schaut man nur auf die Scheitelwerte, also Hoch- und Niedrigwasserhöhen, dann heißt die Höhendifferenz Scheitelpunktstau.

Für den Scheitelpunktstau lassen sich aus örtlichen Pegelbeobachtungen Windstaugraphiken berechnen (vgl. Abb. 3), die einen einfachen Zusammenhang zwischen Windrichtung bzw. Windgeschwindigkeit (in Knoten, abgekürzt: kn) und Windstau zeigen.<sup>31</sup> Der höchste Windstau am Pegel Cuxhaven ergibt sich demnach bei Richtungen um 295° (Westnordwest), wobei ein Vektormittel des Windes aus der südlichen Deutschen Bucht anzusetzen ist.



**Abb. 3:** Scheitelpunktstau für Cuxhaven. Die dicke Linie stellt die stauwirksamste Richtung dar.

Im hier vorgestellten Szenario wird bei einer Windgeschwindigkeit von über 60 kn (vergl. Abb. 4) aus nordwestlichen Richtungen ein Windstau von 5,56 m erreicht (vgl. Abb. 5), wobei ein fünfprozentiger Aufschlag wegen angenommener Böigkeit berücksichtigt ist.<sup>32</sup> Einen vergleichbaren Fall hat es am 12. Februar 1894 mittags gegeben, als am Pegel Cuxhaven zur Niedrigwasserzeit ein Windstau von mehr als 5,25 m auftrat<sup>33</sup> und gleichzeitig in Hamburg Orkanwindstärken gemessen wurden.<sup>34</sup> Ausführlichere Erläuterungen zum methodischen Vorgehen im Rahmen der Szenarioentwicklung für die Risikoanalyse finden sich in Anhang A.

<sup>29</sup> Vgl. Müller-Navarra et al. 2012.

<sup>30</sup> Vgl. Müller-Navarra 2013.

<sup>31</sup> Nach Müller-Navarra u. Giese. 1999.

<sup>32</sup> Vgl. Koopmann 1962.

<sup>33</sup> Vgl. Müller-Navarra et al. 2013.

<sup>34</sup> Vgl. Lamb 1991.

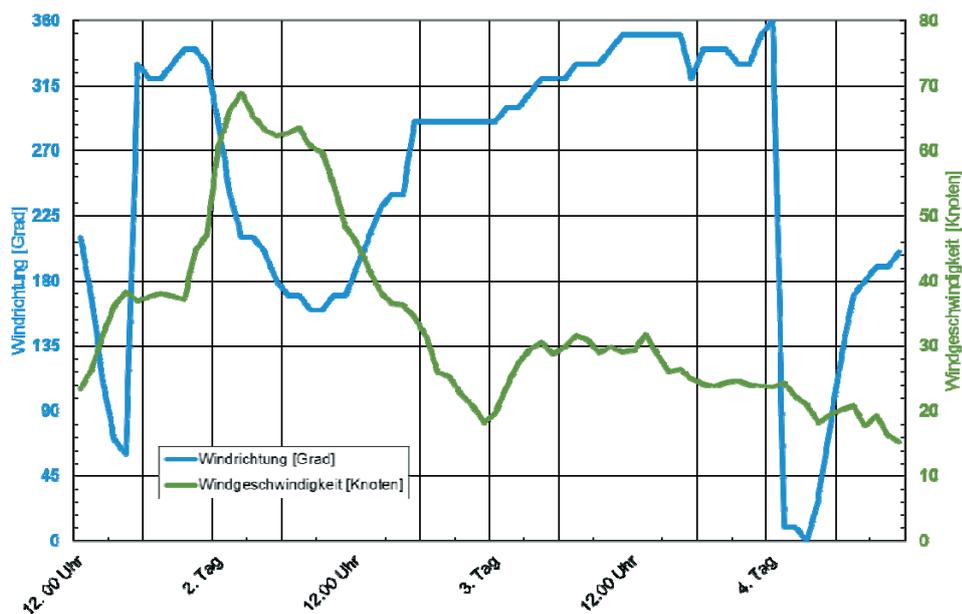


Abb. 4: Windrichtung und -geschwindigkeit in der Deutschen Bucht des als homogen angenommenen Windfeldes aus dem Szenario „Wintersturm“.

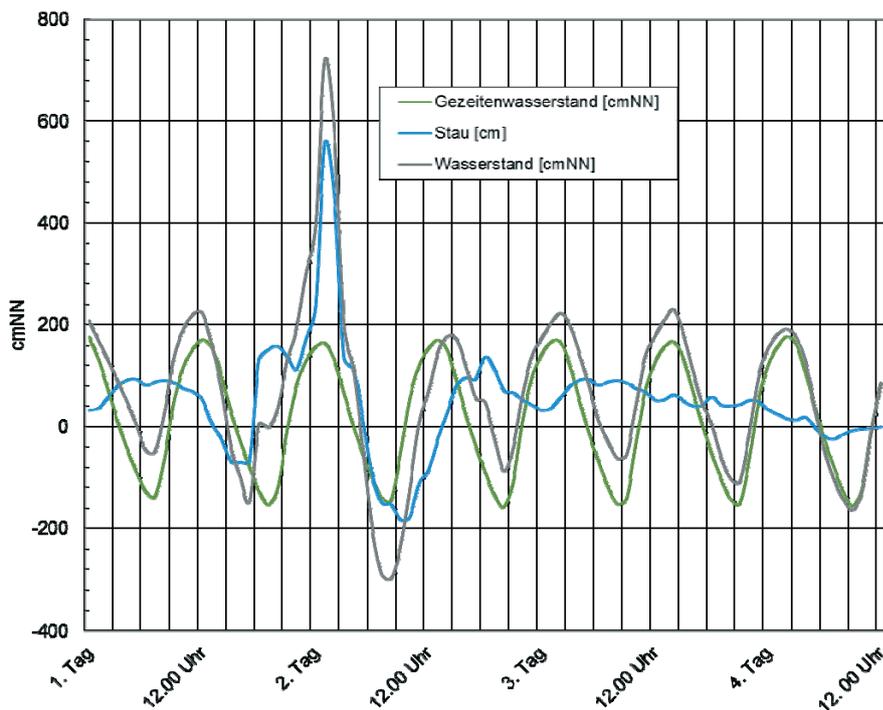


Abb. 5: Gezeiten, Windstau und Gesamtwasserstand des Szenarios für Cuxhaven.<sup>35</sup>

<sup>35</sup> Die hier vorgenommene Windstauberechnung ist unsicher, da Erfahrungswerte mit derart hohen Windgeschwindigkeiten nicht oder nur punktuell vorliegen. Der Impulsübertrag der Luftströmung auf die Meeresströmung ist von der Rauigkeit der Meeresoberfläche (Seegang) und dem thermischen Aufbau der atmosphärischen Grenzschicht abhängig (vgl. Roll 1965), weshalb einfache Windstauformeln nicht ohne weiteres extrapoliert werden können. Auch bei der numerischen Modellierung solcher Vorgänge treten diese Unsicherheiten hinsichtlich Windschubkoeffizient auf (vgl. Bork et al. 2005).

Bei schweren Sturmfluten kann nicht mehr von einer linearen Überlagerung von Gezeiten und Windstau gesprochen werden; das sehr regelmäßige Gezeitengeschehen in der Deutschen Bucht mit zwei Hochwassern im mittleren zeitlichen Abstand von 12 h 25 min wird im Einzelfall durch orkanartige Winde soweit unkenntlich gemacht, dass die Eintrittszeiten der Hoch- bzw. Niedrigwasser um mehrere Stunden gegenüber der astronomischen Vorausberechnung verschoben sein können.

Hohe Sturmflutwasserstände allein führen nicht zu einer Katastrophe. Küstenschutzwerke wie Deiche und Sperrwerke usw. bieten heute einen sehr guten Schutz. Erst wenn dieser Schutz versagt und es zu Überflutungen niedrig gelegener Gebiete kommt, können katastrophale Auswirkungen eintreten.<sup>36</sup> Für das mögliche Versagen von Küstenschutzwerken müssen zum hohen Wasserstand weitere Ursachen hinzutreten. An der offenen Küste kann z. B. Seegang zum Wellenauflauf und -überlauf an Seedeichen führen.<sup>37</sup> Der Überlauf kann Schädigungen der Binnenböschung mit anschließendem Deichbruch verursachen, wenn hoher Wasserstand und Wellenüberlauf lange genug andauern. Zurückliegende Sturmflutkatastrophen haben gezeigt, dass nach Deichbrüchen die eindringenden Wassermassen ein komplexes Katastrophenszenario schaffen, mit vielfältigen Auswirkungen und Schäden durch das Ereignis selbst sowie durch den Ausfall von Kritischen Infrastrukturen. Eine wesentliche Rolle hierbei spielt auch die auslösende bzw. begleitende Wettersituation mit sehr hohen mittleren Windgeschwindigkeiten und Orkanböen.

---

<sup>36</sup> Im Forschungsprojekt ExtremRisk (Oumeraci et al., 2012) wurden derartige Schäden exemplarisch für Hamburg-Wilhelmsburg und Hörnum untersucht.

<sup>37</sup> Vgl. EurOtop 2007.

## 2. Beschreibung des Ereignisses

Das vorliegende Szenario beschreibt eine sehr schwere Sturmflut, die infolge eines außergewöhnlich starken Wintersturms in der Deutschen Bucht auftritt.<sup>38</sup> Während des Sturms kommt es in der Deutschen Bucht großräumig zu Windgeschwindigkeiten von Orkanstärke aus westlichen Richtungen (Abb. 4), die das Wasser an der Küste mehrere Meter hoch anstauen.

Die hohen Windgeschwindigkeiten halten einige Stunden an und führen in der offenen Nordsee zu einer außergewöhnlich schweren See mit Wellenhöhen von weit mehr als 10 m, die bereits im Küstenvorfeld brechen. Wellen mit kleinerer Wellenlänge und -höhe dringen bis an die Seedeiche vor und führen bei hohem Wasserstand dort zu einem Wellenüberlauf, was punktuell zu Deichbrüchen und Überflutung des Hinterlandes führt.

An dieser Stelle sei bereits hervorgehoben, dass das für das gesamte Ereignis anzunehmende Schadensausmaß sowie die besonderen Herausforderungen für seine Bewältigung insbesondere aus der Kombination der drei Faktoren „Orkan“, „sehr schwere Sturmflut“ und „Stromausfall“ resultieren. Ausmaß und Herausforderungen gehen weit über das hinaus, was für eine Sturmflut der hier angenommenen Größenordnung für sich allein betrachtet zu erwarten wäre.

### 2.1. Auftretensort/Räumliche Ausdehnung/Betroffene Bevölkerung

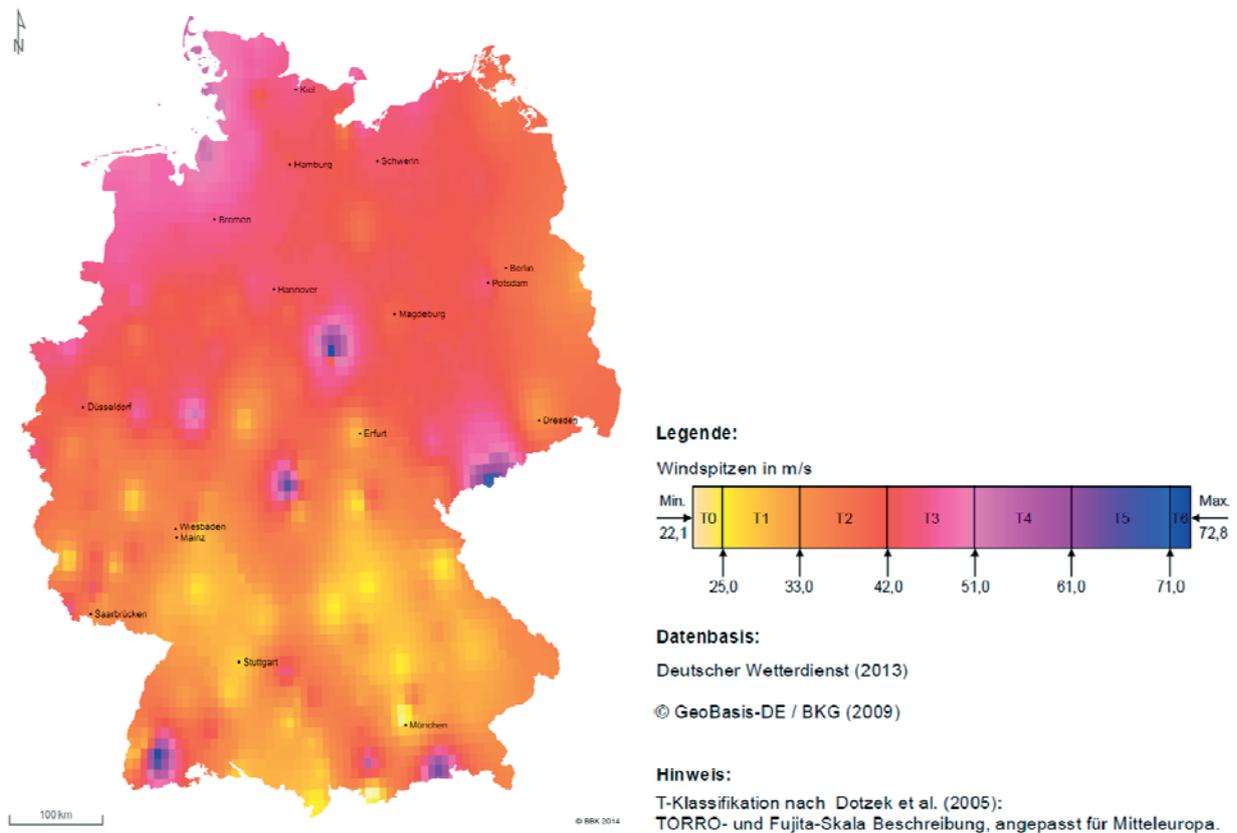
#### Wo passiert das Ereignis/Welches Gebiet ist durch das Ereignis betroffen?

Der schwere Wintersturm, mit dem die Sturmflut einhergeht, zieht mit Orkanstärke über das gesamte Bundesgebiet (vgl. Abb. 6) und weite Teile Europas. Die höchsten Windgeschwindigkeiten treten im Nordwesten, an den Küsten und in Schleswig-Holstein sowie in exponierten Bereichen des Mittelgebirgsraumes, in Hochlagen der Alpen und am Oberrhein auf. In Gebieten, in denen Windspitzen > 42 m/s auftreten (T3plus-Gebiete, siehe Abbildung 6) besteht besondere Gefahr für Leib und Leben z. B. aufgrund umherfliegender Gegenstände.<sup>39</sup>

Im hier angenommenen Szenario leben in diesen Gebieten bundesweit ca. 23 Mio. Menschen.

<sup>38</sup> Dem hier angenommenen Ereignis wurde der erste Sturm aus dem Szenario der Risikoanalyse „Wintersturm“ zugrunde gelegt. Informationen zu diesem Sturmereignis sind in Kapitel 2.3 zusammenfassend dargestellt. Eine detailliertere Beschreibung findet sich in: Unterrichtung durch die Bundesregierung: Bericht zur Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz 2013. In: Verhandlungen des Deutschen Bundestages: Drucksachen – (2013), 18/208 vom 16.12.2013. Hierbei ist zu beachten, dass der zeitliche Verlauf des Sturms dem Sturmflutszenario angepasst wurde (vgl. Fußnote 19).

<sup>39</sup> Vgl. Klassifikation nach Dotzek et al. (2005): TORRO- und Fujita-Skala Beschreibung, angepasst für Mitteleuropa.

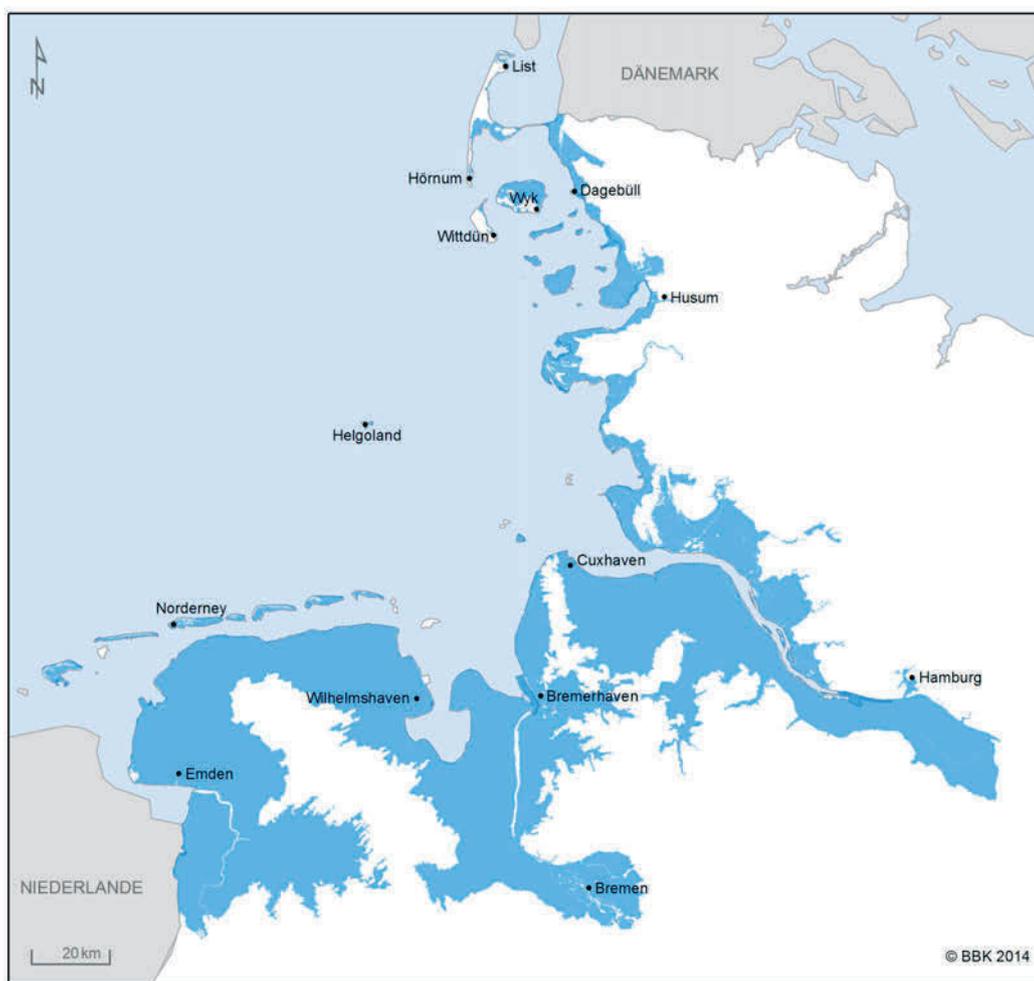


**Abb. 6:** Räumliche Verteilung der maximalen Windspitzen im Szenario „Sturmflut“.

Von der Sturmflut selbst sind die gesamte deutsche Nordseeküste bis hinein in die Tideflüsse und auch benachbarte Küsten (Niederlande, Dänemark) betroffen. Die höchsten Wasserstände treten in Hamburg, Bremerhaven und Husum auf. Zusätzliche Belastungen der Küstenschutzanlagen durch Seegang kommen an den offenen Küsten hinzu.

Die in Abbildung 7 dargestellte Karte gibt einen Überblick über die Gebiete, die bei Eintritt einer extremen Sturmflut potentiell überflutungsgefährdet sind.<sup>40</sup> Dies bedeutet nicht, dass innerhalb des Szenarios die gesamte potentiell gefährdete Fläche betroffen ist. Welche Flächen überflutet werden, hängt davon ab, an welchen Stellen es zu Wellenüberlauf und Deichbrüchen infolge des Ereignisses kommt. Die Ausbreitung der Wassermassen ins Hinterland geschieht kaskadenartig über Nebenflüsse, Bäche, Entwässerungsgräben usw., so dass auch weit von der Küste entfernte Niederungen geflutet werden.

<sup>40</sup> Die Überflutungsszenarien der HWRM-RL können in der online-Kartenanwendung des Portals WasserBLiCk ortsgenau eingesehen werden: <http://geoportal.bafg.de/mapapps/resources/apps/HWRMRL-DE/index.html?lang=de> (zuletzt abgerufen am 23.10.2014).



**Legende:**

- Referenzorte BSH
- ☑ Potentielles Überflutungsgebiet für ein Ereignis HW<sub>extrem</sub>

**Datenbasis:**

- Fachdaten: WasserBLick/BfG und Zuständige Behörden der Länder (07/2014)
- © GeoBasis-DE / BKG (2014)
- © EuroGeographics bezüglich der Verwaltungsgrenze (Dänemark, Niederlande)

**Erläuterungen/Hinweise:**

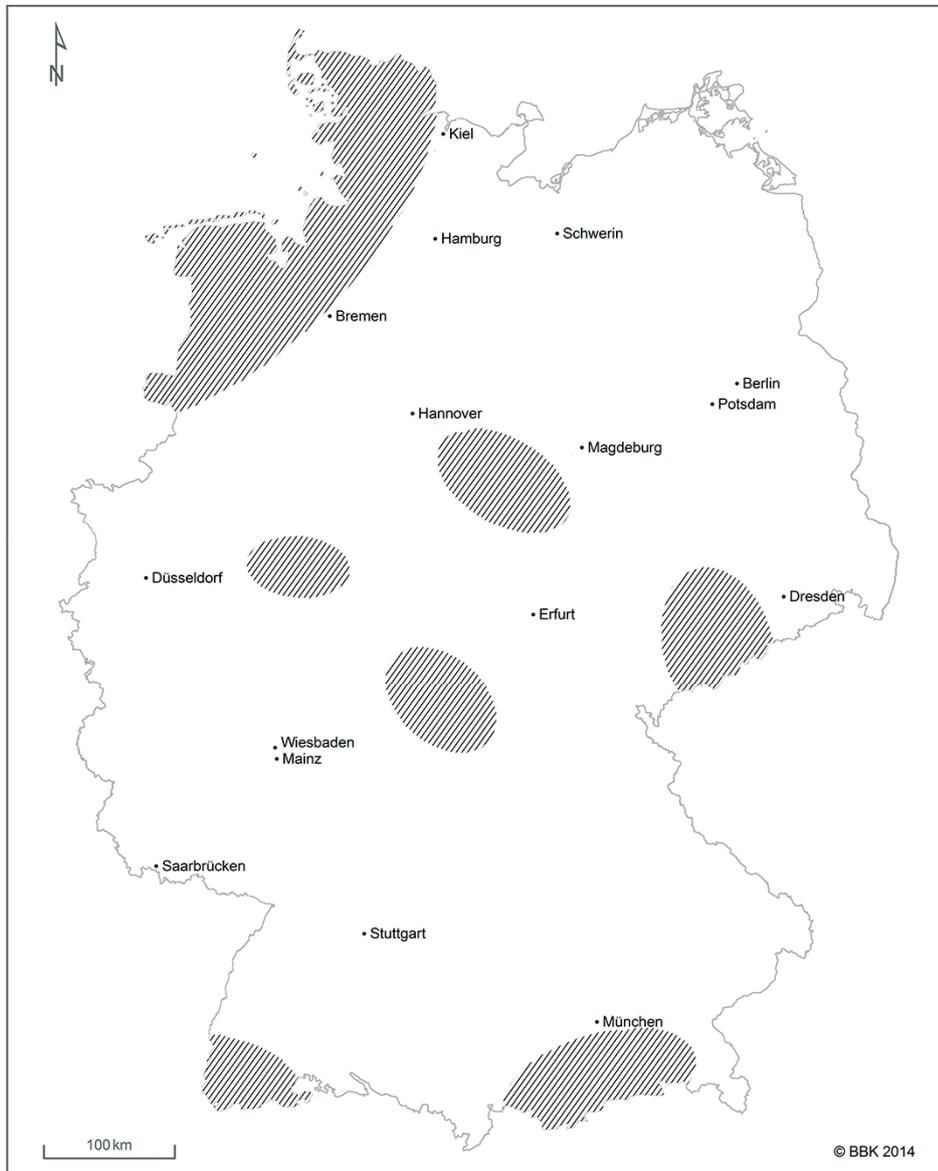
Die vorliegende Karte basiert auf den Überflutungsgebieten für ein Ereignis HW<sub>extrem</sub> nach EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (HWRM-RL). Die Informationen beruhen auf den Daten der zuständigen Behörden der Länder Bremen, Hamburg, Niedersachsen und Schleswig-Holstein und wurden freundlicherweise für die Risikoanalyse des Bundes bereitgestellt. Die Methoden zur Ermittlung der Überflutungsgebiete sind weitgehend abgestimmt, aber aufgrund unterschiedlicher landesrechtlicher Regelungen nicht bundesweit harmonisiert. So können insbesondere an den administrativen Grenzen Unterschiede auftreten.

**Abb. 7:** Karte der potentiell gefährdeten Überflutungsfläche für ein Ereignis HW<sub>extrem</sub>.

Für das Szenario der Risikoanalyse wird vereinfachend angesetzt, dass ca. 15 % der in Abbildung 7 blau dargestellten, potentiell gefährdeten Flächen u. a. nach Deichbrüchen überflutet sind. Deichbrüche werden im Szenario insbesondere an Seedeichen, die Seegang und Dünung ausgesetzt sind, angenommen, wo die additive Höhe von Sturmflutwasserstand und Wellenauflauf neun Meter über NN überschreitet. Weitere Überflutungsflächen treten in Vorländern und auf den Inseln und Halligen auf. Das gesamte Gebiet des HW<sub>extrem</sub> hat eine Fläche von ca. 9.000 km<sup>2</sup>, von der gemäß der oben stehenden Annahme 15 % (ca. 1.350 km<sup>2</sup>) von Überflutung betroffen sind. Das Szenario geht ferner davon aus, dass in den überfluteten Bereichen ca. 150.000 Menschen leben.<sup>41</sup> Hinzu kommen Personen von außerhalb, die sich zur Zeit der Sturmflut in den von Überflutung betroffenen Gebieten aufhalten.

<sup>41</sup> Die Anzahl der betroffenen Personen wurde wie folgt hergeleitet: Im gesamten potentiell überflutungsgefährdeten Gebiet leben ca. 2 Mio. Personen. Die vereinfachte Annahme, dass entsprechend der angenommenen Überflutung von 15 % der HW<sub>extrem</sub>-Fläche auch 15 % ihrer Einwohner (entspricht 300.000 Personen) von Überflutung betroffen wären, würde die Zahl der anzunehmenden Betroffenen überschätzen, da die Besiedlungsdichte auf den Inseln und entlang der Küste geringer ist als im Inland (z.B. Ballungs-

Infolge des Sturms kommt es zu schweren Schäden an Infrastrukturen der Energieversorgung, was zu großflächigen Stromausfällen führt. Diese sind in generalisierter Form in Abbildung 8 dargestellt. Innerhalb der ersten Stunden sind mehr als 6 Mio. Personen im Bundesgebiet ohne Strom. Gebietsweise dauern die Stromausfälle länger als drei Wochen an. Im norddeutschen Raum gibt es Bereiche, die sowohl von Überflutung als auch von Stromausfall betroffen sind.<sup>42</sup>

**Legende:**

 Von Stromausfall  
betroffenes Gebiet

**Datenbasis:**

© GeoBasis-DE / BKG (2014)

**Hinweis:**

Die Karte zeigt die für das Szenario der Risikoanalyse "Sturmflut" angenommenen Stromausfallgebiete in generalisierter Form. Die Auswahl erfolgte aufgrund der Lage in Bereichen der höchsten Windspitzen.

**Abb. 8:** Darstellung der exemplarisch angenommenen Stromausfallgebiete.

räume Hamburg und Bremen). Daher wurde dieser Wert noch einmal um 50 % reduziert. Folglich werden hier 150.000 unmittelbar von Überflutung betroffene Einwohner angenommen.

<sup>42</sup> Die Ermittlung der von Stromausfall betroffenen Gebiete sowie der angenommenen Dauer der Ausfälle erfolgte analog zur Risikoanalyse „Wintersturm“, angepasst für den ersten der dort angenommenen beiden Stürme. Weitergehende Informationen finden sich in Fußnote 39 sowie in: Unterrichtung durch die Bundesregierung: Bericht zur Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz 2013. In: Verhandlungen des Deutschen Bundestages: Drucksachen – (2013), 18/208 vom 16.12.2013.

## 2.2. Zeitpunkt

### Wann passiert das Ereignis?

Das Sturmereignis tritt im November innerhalb von zwei Werktagen auf. In der Deutschen Bucht werden die höchsten Windgeschwindigkeiten in der Nacht vom ersten auf den zweiten Tag registriert.<sup>43</sup>

Entsprechend des Sturmverlaufs ereignet sich die Sturmflut im Verlauf der Nacht vom ersten auf den zweiten Tag. Die Zeitpunkte der höchsten Wasserstände im Zusammenspiel mit den küstenspezifischen Belastungen durch Seegang treten entsprechend der astronomisch vorausgerechneten Hochwasserzeiten auf, örtlich aber auch 2 bis 3 Stunden früher oder später.

## 2.3. Auslösende Ereignisse

### Welche Geschehnisse führen zu diesem Ereignis/Wodurch wird das Ereignis ausgelöst?

Über Nordostkanada liegt seit Tagen eine arktische Kaltluftmasse, innerhalb derer die bodennahen Temperaturen  $-30\text{ °C}$  bis  $-35\text{ °C}$  betragen und Temperaturen in Höhen um 5.000 m von bis zu  $-50\text{ °C}$  gemessen werden. Mit steigendem Luftdruck im Bereich einer von den Großen Seen zur Hudson Bay gerichteten Hochdruckzone verstärkt sich nun der Luftdruckgradient an ihrer Ostflanke, so dass arktische Kaltluft mit einer zunehmenden nordwestlichen Strömung über Neufundland und Neuschottland auf den Nordwestatlantik ausbricht. Sie trifft dort auf vom Südwesten heranwehende subtropische Meeresluft. Diese Konstellation führt zu einer Verschärfung der von der US-amerikanischen Ostküste über den Nordatlantik verlaufenden Frontalzone mit horizontalen Temperaturgegensätzen bis zu  $20\text{ °C}$  auf ca. 500 km. Durch das Aufgleiten der „leichteren“ Warmluft auf die „schwerere“ Kaltluft fällt der Luftdruck und es entsteht ein Tiefdruckgebiet, das sich bei anhaltender Kaltluftadvektion an seiner Westflanke weiter intensiviert. Gleichzeitig verstärken sich die horizontalen Luftdruckgegensätze, so dass die Luft immer schneller in Richtung des Tiefdruckzentrums strömt und die Windgeschwindigkeiten schließlich Orkanstärke erreichen. Das sich entwickelnde Orkantief bewegt sich rasch ostwärts Richtung Mitteleuropa und erreicht mit seinem Kern innerhalb von 36 Stunden die Nordsee.

Auf seinem Weg vom Nordatlantik zur Nordsee intensiviert sich das Tief auf einen Kerndruck von unter 950 hPa. Bedingt durch eine korrespondierende Hochdruckzone von Spanien bis zum Balkan, herrscht im Alpenraum zur selben Zeit ein Luftdruck von 1.020 hPa. Aufgrund der sich zwischen der Nordsee und dem Alpenraum ergebenden Luftdruckdifferenz entsteht südlich der Zyklone ein extrem starkes und breitflächiges Sturm- und Orkantief, welches mit Orkanböen, teils Gewittern sowie vereinzelt Tornados einhergeht.

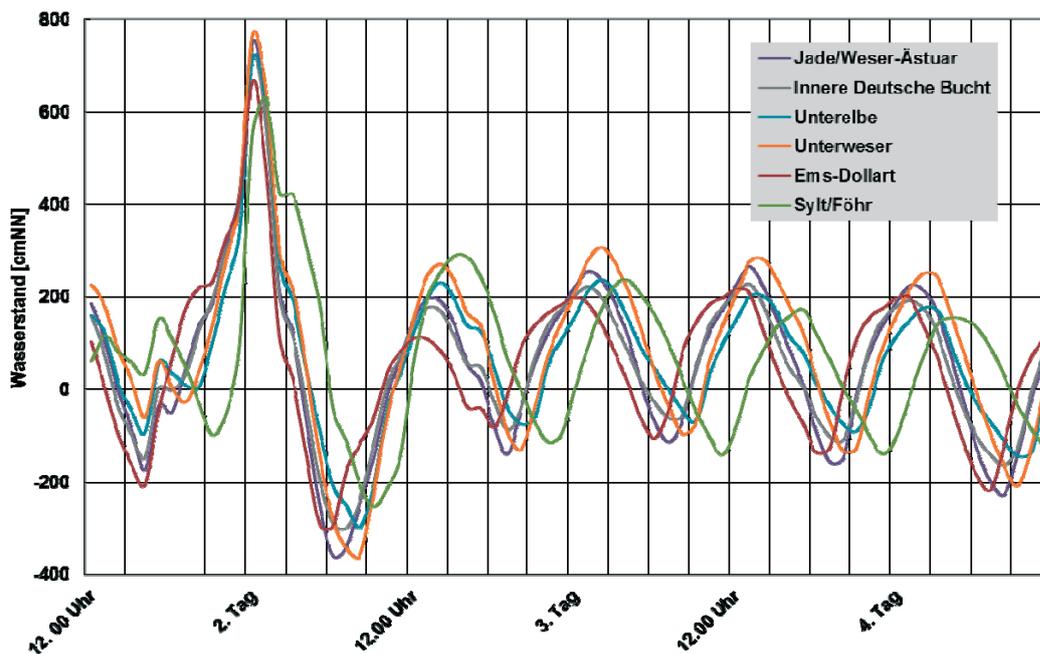
Das Ereignis wird als Orkan der Stärke 12 Beaufort ( $> 117\text{ km/h}$  bzw.  $> 32,6\text{ m/s}$ ) klassifiziert, mit weit verbreiteten Spitzenböen von über  $140\text{ km/h}$  ( $> 38,9\text{ m/s}$ ) im Flachland. Vereinzelt treten Spitzenböen von  $160\text{ km/h}$  bis  $170\text{ km/h}$  ( $44,4\text{ m/s}$  bis  $47,2\text{ m/s}$ ) im Flachland und über  $180\text{ km/h}$  ( $50,0\text{ m/s}$ ) an den Küsten auf. Auf den Kämmen der Mittelgebirge und der Alpen erreichen die Spitzenböen Windgeschwindigkeiten von über  $200\text{ km/h}$  ( $55,6\text{ m/s}$ ), einige wenige sogar über  $250\text{ km/h}$  ( $69,4\text{ m/s}$ ).

<sup>43</sup> Im Sinne eines ganzheitlichen Risiko- und Krisenmanagement-Ansatzes wurde die Risikoanalyse Sturmflut im Vorfeld der für 2015 ebenfalls zum Thema Sturmflut angesetzten länderübergreifenden Krisenmanagement-Übung LÜKEX durchgeführt. Damit der angenommene zeitliche Verlauf der Sturmflut dem in der LÜKEX beübten Zeitraum entspricht, wurde das Sturmereignis für dieses Szenario entsprechend verschoben. Das Szenario der Risikoanalyse ist an den Kriterien „bundesrelevant“ und „reasonable worst case“ orientiert. Für LÜKEX 2015 wird es gegebenenfalls den Übungszwecken entsprechend angepasst werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Risikoanalyse Bevölkerungsschutz Bund bewusst „reasonable worst case“-Szenarien zu Grunde gelegt werden, deren Eintrittswahrscheinlichkeiten und Intensitäten ggf. jenseits üblicher Planungen für Küstenschutzbauwerke liegen.

## 2.4. Intensität, Verlauf und Dauer

### Wie stark ist das Ereignis?

Es handelt sich um eine sehr schwere Sturmflut mit Scheitelwerten, die bisherige lokale Maxima deutlich übertreffen. In Abb. 9 sind die Scheitelwasserstände in cmNN für einige Küstenregionen der Deutschen Bucht als Ganglinie dargestellt; es werden Höhen von 6 mNN bis 8 mNN erreicht. Sie übertreffen die bisher beobachteten Hochwasserstände<sup>44</sup> um etwa 2 m. Aufgrund der Intensität des Sturmes (Orkan der Stärke Beaufort 12) mit Spitzenböen von teilweise über 180 km/h (50,0 m/s) an den Küsten, überschreitet die Summe von Sturmflutwasserständen und Höhen des Wellenauflaufes an exponierten Stellen der Seedeiche über einen Zeitraum von mehreren Stunden 9 mNN.<sup>45</sup>



**Abb. 9:** Wasserstandskurven des Szenarios als Basis für die Berechnung der additiven Höhen von Wasserstand und Wellenauflauf mit dem Seegangsatlas. (Der Übersichtlichkeit halber werden hier nur sechs von elf Kurven für die elf betrachteten Regionen des Seegangsatlas gezeigt.)<sup>46</sup>

### Wie verläuft das Ereignis und wie lange dauert es an?

Der auslösende Wintersturm dauert zwei Tage, in denen das wirksame Sturmfeld des Orkantiefs die Deutsche Bucht vom Vormittag des ersten bis in die Frühstunden des zweiten Tages von West nach Ost überquert.

Am späten Vormittag des ersten Tages der Sturmlage treten im äußersten Westen Deutschlands erste Sturm böen aus Süd bis Südwest auf. Im Nachmittagsverlauf nimmt der Wind weiter zu. Bis zum frühen Abend kommt es im gesamten Bundesgebiet zu schweren Sturm böen, an der See auch zu orkanartigen Böen aus Südwest. In Kammlagen der Mittelgebirge und der Alpen erreichen Spitzenböen Orkanstärke bis zu 180 km/h. In der Nacht greift dann von Nordwesten her die Kaltfront des Orkantiefs auf Deutschland über. In ihrem Bereich treten von der Schleswig-Holsteinischen Nordseeküste bis nach Ostfriesland wiederholt Orkanböen

<sup>44</sup> Vgl. BSH (Hrsg.) 2011. Gezeitenkalender für das Jahr 2015, S. 126.

<sup>45</sup> Damit kann eine hohe Wahrscheinlichkeit für ein punktuelles Brechen der Deiche angenommen werden, da die Deichhöhen niedriger als die im Szenario erreichten additiven Höhen von Sturmflutwasserstand und Wellenauflauf bemessen sind.

<sup>46</sup> Der Seegangsatlas ist im Internet abrufbar unter: [http://www.fi.uni-hannover.de/seegangsatlas\\_reg\\_ver/start.htm](http://www.fi.uni-hannover.de/seegangsatlas_reg_ver/start.htm), zuletzt abgerufen am 11.09.2014. (Vgl. Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen. Seegangsatlas. 2014).

mit Spitzengeschwindigkeiten über 140 km/h, an der Küste auch gebietsweise bis zu 180 km/h aus westlichen Richtungen auf. Bis zum Abend hat die Kaltfront eine Linie Odermündung – Berlin – Harz – Sauerland – Nordeifel erreicht.

Die Zugbahn des Orkantiefs führt zu auflandigem Sturm und in der Folge zu maximalen Windgeschwindigkeiten in der Nacht vom ersten auf den zweiten Tag in der Deutschen Bucht.

Die maximalen Windgeschwindigkeiten treffen zeitgleich mit der astronomischen Hochwasserzeit zusammen.<sup>47</sup> In der Folge entwickelt sich in der Nacht eine sehr schwere Sturmflut an der Deutschen Nordseeküste mit additiver Höhe von Sturmflutwasserstand und Wellenauflauf von lokal über 9 mNN. Die mit der Sturmflut einhergehenden sehr hohen Wasserstände (6 mNN bis 8 mNN) dauern allerdings aufgrund der zeitlich begrenzten astronomischen Hochwasserzeit nur ca. 4 h bis 6 h an.

Vereinzelt werden Flutschutztoore und Sperrwerke überströmt. Darüber hinaus kommt es an einigen Seedeichen durch Wellenauflauf und die sie überströmenden Wassermassen zu Schäden und Deichbrüchen. Auch kommt es zu Überschwemmungen von Bereichen des Hinterlandes, die während kleinerer Sturmfluten geschützt wären. Aufgrund der relativ kurzen Dauer der Sturmflut, werden die Küstenschutzwerke zwar nur für einige Stunden durch maximale Belastungen angegriffen, doch können beschädigte oder gebrochene Deiche auch bei nachfolgenden Sturmfluten noch Probleme bereiten.<sup>48</sup> Dort, wo es nach Deichbrüchen zu Überflutungen des Hinterlandes kommt, kann sich durch das eingedrungene Meerwasser das Schadenausmaß noch Tage später erhöhen. Die Entwässerung tiefgelegener Gebiete kann Monate dauern.<sup>49</sup>

Die Stromausfälle infolge des Sturms dauern gebietsweise mehr als drei Wochen an.<sup>50</sup>

## 2.5. Vorhersagbarkeit/Vorwarnung/Kommunikation

### Ist das Ereignis erwartet?

Bereits eine Woche vor dem Ereignis zeigen die numerischen Wetterprognosekarten eine sich deutlich intensivierende, vom Nordatlantik nach Mitteleuropa gerichtete Frontalzone. Zwischen einem ausgedehnten Tiefdrucksystem mit Kern bei Island und einem kräftigen Azorenhoch entsteht ein starker Luftdruckgradient auch über Deutschland, so dass in der Frühwarninformation im Rahmen der Wochenvorhersage des Deutschen Wetterdienstes (DWD) auf die Möglichkeit von Sturm gegen Ende des Vorhersagezeitraumes hingewiesen wird.

Im Wasserstandsvorhersage- und Sturmflutwarndienst des BSH werden die Entwicklung des Orkans und die damit verbundenen Wasserstände schon seit mehreren Tagen abgeschätzt. Aufgrund der außergewöhnlich gefährlichen Lage wird bereits 2 Tage vor dem Ereignis auch im BSH ein 24-h-Dienst eingerichtet, während es zu normalen Zeiten von 0.30 Uhr bis 6.00 Uhr nur eine Rufbereitschaft gibt. In enger Zusammenarbeit mit Meteorologen des Seewetteramtes des DWD in Hamburg wird die weitere Entwicklung des Orkantiefs intensiv verfolgt.

Bis zu einem Tag vor dem Ereignis hat sich die schon vor zwei Tagen angedeutete Sturmtiefentwicklung über dem westlichen Nordatlantik bestätigt. Dabei fällt der Luftdruck im Zentrum des Sturmtiefs noch stärker als von den vorangegangenen Vorhersageläufen der Prognosemodelle angenommen, was ebenfalls deutlich auf den vorliegenden Wetterkarten zu erkennen ist. Daher erfolgt nun die Ausgabe einer Vorwarninformation mit dem Hinweis auf die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines extremen Unwetters mit überörtlichen Wind-

<sup>47</sup> Hierdurch sind die Voraussetzungen für eine sehr schwere Sturmflut gegeben (Abb. A-1 und A-3 im Anhang). Bei einem nur um 2 bis 3 h anderen zeitlichen Verlauf, wären die Scheitelwasserstände erheblich geringer. Ein zeitlich nicht übereinstimmendes Zusammentreffen von maximalen Windgeschwindigkeiten und astronomischem Hochwasser ist auch der Grund dafür, dass nicht jeder auflandige Sturm in der Deutschen Bucht zu Sturmfluten führt. Damit unterscheiden sich auch die Eintrittswahrscheinlichkeiten von Stürmen und Sturmfluten (vgl. Jensen u. Frank 2003).

<sup>48</sup> Wenn es nicht gelingt, entstandene Deichbrüche bis zum Eintritt eines möglichen Nachfolgeereignisses instand zu setzen, wären entsprechend dramatischere Auswirkungen zu erwarten. Als jüngstes Beispiel für ein solches Folgeereignis können die Januarfluten (3./4. Januar und 21. Januar 1976) genannt werden (Vgl. Zitscher et al. 1979).

<sup>49</sup> Wie beispielsweise im Rahmen der Sturmflut 1953 in den Niederlanden (Vgl. Quarles van Ufford 1953).

<sup>50</sup> Siehe Kapitel 3.

spitzen über 140 km/h durch den DWD. Die intensive Überwachung der Wetterlage lässt erkennen, dass das Orkantief rasch vom Seegebiet westlich Irlands zur mittleren Nordsee zieht. 12 Stunden vor dem Ereignis werden die landkreisbezogenen amtlichen Warnungen herausgegeben, in denen für die Mitte und den Norden Deutschlands vor einem extremen Unwetter mit verbreiteten Orkanböen und überörtlichen Windspitzen über 140 km/h gewarnt wird.

Die vom Seewetteramt Hamburg abgeschätzte Zugbahn und -geschwindigkeit des Orkantiefs führen (24 bis 18 h vor dem astronomischen Hochwasserzeitpunkt) zu der Gewissheit, dass für die deutsche Nordseeküste eine sehr schwere Sturmflut droht. Im BSH werden daraufhin die zu erwartenden Höchstwasserstände an den einzelnen Küstenabschnitten berechnet und laufend den neuesten Daten angepasst.

Die örtlichen Auswirkungen der Sturmflut wie Deichbrüche bzw. Beschädigungen von anderen Küstenschutzwerken können nicht vorhergesagt werden, denn grundsätzlich können Deiche an jeder Stelle brechen. Es ist aber nicht damit zu rechnen, dass es an allen Deichen zu Brüchen kommen wird. In den Tideflüssen kann ein Deichbruch auch für eine Entlastung stromaufwärts sorgen.

### **Inwiefern können sich die Behörden auf das Ereignis vorbereiten?**

Durch die einmal täglich herausgegebenen Frühwarninformationen des DWD sind die Behörden Tage vor dem Sturmereignis sensibilisiert. Spätestens 24 Stunden vor Eintritt des Orkans gibt die Vorwarninformation genauere Hinweise auf die Intensität (maximale Windgeschwindigkeiten) sowie auf die großräumige Verteilung. 12 Stunden vorher wird dann die räumliche Verteilung des Orkans auf Landkreisebene konkretisiert.

Durch die laufend aktualisierten Wasserstandsvorhersagen des BSH zeichnet sich das extreme Sturmfluterignis bereits mehrere Tage vorher in den vorhergesagten und im Internet veröffentlichten Wasserstandsganglinien ab. Da jedoch der zeitliche Ablauf (Zuggeschwindigkeit des Orkantiefs) so lange vorher nicht genau vorhersagbar ist, und damit nicht klar ist, zu welcher Gezeitenphase der maximale Windstau zu erwarten ist, sind belastbare Sturmflut-Frühwarnungen mehrere Tage im Voraus nicht möglich.<sup>51</sup> Zuständige Behörden informieren sich in aller Regel beim BSH über die potentiellen Maximalwasserstände. Ab etwa 24 Stunden vor dem Ereignis wird die Berechnung der zeitlichen Abläufe genauer und erste Vorhersagen der Scheitelhöhen sind sinnvoll. In der Folge werden Warnungsempfänger (Anzahl > 300) vom BSH über die in ihrer Küstenregion zu erwartenden Sturmflutwasserstände via automatischer Telefonansagen informiert. Hierzu gehören die Krisenstäbe des Bundes und der Länder, Hafenbehörden, die Bundeswehr, Gemeinden, Deichverbände, Feuerwehren, Technisches Hilfswerk (THW), Wasser- und Schifffahrtsämter sowie Kraftwerksbetreiber, Containerterminals, Werften, Industrieanlagen, Grundstücksverwaltungen, Fährbetriebe, Baustellen, Segelvereine, usw.

Neben den direkt an die für den Katastrophenschutz verantwortlichen Behörden übermittelten Warnungen, stehen den Einsatzkräften von z. B. Feuerwehr, THW und Polizei entsprechende Informationen auch über gesonderte Plattformen (wie dem Feuerwehrinformationssystem FEWIS des DWD) zur Verfügung.

Dort, wo der Strom in Folge des Sturmereignisses ausfällt, wird die Vorbereitung ab dem Zeitpunkt des Stromausfalls deutlich erschwert. Neben Einschränkungen und Totalausfällen der Telekommunikation ist auch die damit verbundene Weitergabe von erwarteten Pegelständen durch das BSH an die zuständigen Behörden der einzelnen Landkreise und Gemeinden nur sehr eingeschränkt oder gar nicht mehr möglich.<sup>52</sup> Elektronisch übermittelte Informationen über die örtliche Entwicklung der Pegelwasserstände stehen den betroffenen Behörden wegen Ausfalls der digitalen Pegeldatenfernübertragung nicht zur Verfügung. Entscheidungs- und Priorisierungsprozesse sind unter diesen Umständen deutlich erschwert. Mobile Pegeltrupps des THW werden auf Anfrage eingesetzt, um einen Teil der Informationslücken über Mobilfunk oder, im Falle eines Ausfalls des Mobilfunknetzes, durch physische Übermittlung (Melder) der Pegelwasserstände auszugleichen.

---

<sup>51</sup> Vgl. Jensen u. Müller-Navarra 2008

<sup>52</sup> Das BSH ist grundsätzlich in der Lage bei Stromausfall die Arbeit auch manuell („mit Stift und Papier“) fortzuführen.

### Kann sich die Bevölkerung auf das Ereignis einstellen?

Unter dem Eindruck des vorhergesagten Orkans berichten die Medien bereits Tage vorher von einer Sturmflutkatastrophe, obwohl der zeitliche Ablauf noch nicht genau genug feststeht.<sup>53</sup> Berichte über schwere Sturmschäden in Irland, Großbritannien, Frankreich und den Benelux-Staaten sorgen bereits Stunden vor Eintreffen des Orkans für eine zusätzliche Sensibilisierung der Bevölkerung.

Die amtliche, öffentliche Sturmflutwarnung des BSH wird ca. 15 Stunden vor Ereigniseintritt herausgegeben und ab diesem Zeitpunkt stündlich im Anschluss an die Nachrichten von norddeutschen und überregionalen Rundfunksendern sowie von Fernsehsendern übertragen.<sup>54</sup>

Aufgrund der frühzeitigen meteorologischen Vorwarnungen und der kontinuierlichen Kommunikation der Wettervorhersagen und der Wasserstandsganglinien kann sich die Bevölkerung grundsätzlich auf die schwere Sturmflut einstellen. Insbesondere in den küstennahen Gebieten und auf den Inseln sind viele Anwohner durch persönliche Erfahrungen mit Sturmflutereignissen in Verbindung mit der Gesamtwetterlage und den allgemeinen Wettervorhersagen und Sturmflutwarnungen sensibilisiert. In den Ballungsräumen gestaltet sich eine Sensibilisierung der Bevölkerung deutlich schwieriger. Da sehr schwere Sturmfluten mit katastrophalen Folgen meist viele Jahre zurückliegen, haben weite Teile der Bevölkerung Schwierigkeiten, die Zahlenangaben der Vorhersagen lokal einzuordnen. Entsprechend muss daher damit gerechnet werden, dass diese Informationen nicht alle betroffenen Bewohner erreichen.<sup>55</sup>

Dort, wo Überflutungsgefährdung besteht, und im Zuge der Prävention bereits im Vorfeld eine erfolgreiche Risikokommunikation stattgefunden hat (Information über allgemeine Sturmflutgefahren, Handlungsempfehlungen, z. B. durch Anwohnerversammlungen oder behördliche Broschüren), werden vorsorgend sichernde Maßnahmen getroffen (Auslagerung von Hausrat in höher gelegene Stockwerke usw.). Zudem bereiten sich Bewohner gefährdeter Gebiete auf eine mögliche Evakuierung vor.

Dort, wo der Strom aufgrund des Sturms bereits vor Eintreten der Sturmflut ausfällt, können ab dem Zeitpunkt des Stromausfalls keine Informationen mehr über Internet, TV und Radio (sofern nicht batteriebetrieben) an die Bevölkerung übermittelt werden. Die Warnung der Bevölkerung erfolgt in diesem Fall über Lautsprecherdurchsagen von Feuerwehr und Polizei sowie über vereinzelte Hausbesuche. In elbnahen Gebieten Hamburgs wird zusätzlich mit Böllerschüssen vor dem Eintreffen einer Sturmflut gewarnt.

Die behördlichen Warnungen erreichen jedoch nicht die gesamte Bevölkerung, z. B. bedingt durch fehlende Sprachkenntnisse. Hinzu kommt, dass ein Teil der Bevölkerung die Warnungen möglicherweise nicht ernst nimmt, da die Erfahrung gemacht wurde, dass Sturmflutereignisse in der jüngeren Vergangenheit keine drastischen Folgen hatten. Warnungen und Handlungsanweisungen müssen daher durch die für den Bevölkerungsschutz verantwortlichen Behörden kurz vor dem Ereignis mit besonderem Nachdruck kommuniziert werden.

<sup>53</sup> Beispielhaft kann hier das Orkantief Kyrill 2007 genannt werden. Vgl. hierzu: Müller-Navarra 2008.

<sup>54</sup> Beispielhafter Wortlaut einer solchen Sturmflutwarnung des BSH: „Für die deutsche Nordseeküste besteht die Gefahr einer sehr schweren Sturmflut. Am Mittwoch wird das Nachthochwasser an der ostfriesischen Küste 4,5 bis 5 m, im Wesergebiet 5 bis 5,5 m, im Elbegebiet 5,5 bis 6 m und an der nordfriesischen Küste 5 bis 6 m höher als das Mittlere Hochwasser eintreten.“ Über die Rundfunkmeldungen sensibilisiert, rufen zahllose Betroffene direkt beim BSH an, wo für diesen Zweck bis zu 7 Telefone freigeschaltet sind. Sind alle besetzt, hören die Anrufer den obigen Warntext. Die Fragen der Anrufer betreffen sowohl die Vorhersagen selbst, als auch Details der persönlichen Betroffenheit wie z. B., inwieweit das eigene Haus von der Höhenlage her durch die Wassermassen erreicht werden kann.

<sup>55</sup> Die Einwohner der sturmflutgefährdeten Stadtteile in Hamburg werden zum Beispiel über Sturmflutbroschüren und Merkblätter informiert: <http://www.hamburg.de/rechte-spalte-downloads/> (zuletzt aufgerufen am 09.10.2014).

## 2.6. Behördliche Maßnahmen

Sobald die zuständigen Stellen aufgrund der amtlichen Vorwarnungen darüber informiert sind, dass mit einem extremen Unwetter in Verbindung mit einer sehr schweren Sturmflut zu rechnen ist, werden entsprechende behördliche Maßnahmen getroffen.<sup>56</sup> Hierzu zählen beispielsweise die Schließung von Sturmflutsperrwerken und öffentlichen Einrichtungen (z. B. Schulen), die Warnung und Einstellung der Schifffahrt, die Einstellung des Flug- und Schienenverkehrs, die Alarmierung von Einsatzkräften entsprechend bestehender Einsatz- und Alarmpläne, die Einberufung von Krisen- und Führungsstäben, das Absperren gefährdeter Verkehrswege und die Warnung weiterer Akteure (Kernkraftwerke, Industriestandorte usw.). Die Behörden stellen sich auch auf Deichbrüche ein, allerdings unter der generellen Unsicherheit, dass nicht vorhergesagt werden kann, wo diese stattfinden werden. Gebiete, deren Überflutung mit Sicherheit oder mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist, werden ermittelt. Dazu zählen insbesondere Gebiete, in denen keine oder keine ausreichenden baulichen Schutzmaßnahmen vorhanden sind. Um die Bevölkerung zu schützen, sind hier Evakuierungen erforderlich.<sup>57</sup>

Die Großflächigkeit des potentiell überflutungsgefährdeten Gebietes (vgl. Abb. 7) in Kombination mit der gleichzeitigen Gefahr und Unvorhersagbarkeit von Deichbrüchen stellt für die zuständigen Behörden eine immense Herausforderung dar.<sup>58</sup> Zum einen gilt es unter den gegebenen Unsicherheiten zu entscheiden, ob und zu welchem Zeitpunkt welche Bereiche evakuiert werden (Evakuierungsanordnung) und ob ggf. Zwangsmaßnahmen zur Abwendung einer konkreten Gefahr eingeleitet werden. Zum anderen erfordert die Durchführung großflächiger Evakuierungen einer Vielzahl von Menschen entsprechende personelle und materielle Kapazitäten. Das Treffen einer Evakuierungsanordnung setzt voraus, dass der Zeitraum bis zum voraussichtlichen Versagen des Hochwasserschutzes ausreicht, eine vollständige Räumung des betroffenen Gebiets zu gewährleisten. Alternativ ist eine „vertikale Evakuierung“ in höhergelegene Stockwerke anzuordnen. Der Evakuierungsauftrag muss flächendeckend an die Betroffenen im Evakuierungsgebiet kommuniziert werden (Warnung und Information der Bevölkerung), Sammelstellen müssen eingerichtet und gekennzeichnet werden, die Evakuierungsrouten müssen festgelegt und freigehalten werden. Zudem ist eine erhebliche Verkehrsbelastung durch sich selbstständig, mit eigenen Transportmitteln Evakuierende zu erwarten. Bedarfsgerecht müssen geeignete Transportmittel kurzfristig verfügbar sein und die Gebiete auch rechtzeitig erreichen und verlassen können, Notunterkünfte müssen vorbereitet sein und unterhalten werden (Verpflegung usw.). Da die Evakuierung sämtlicher Gebiete, die potentiell von Deichbrüchen betroffen sein könnten, nicht durchführbar ist, werden die dort lebenden Menschen dazu aufgefordert, sich nicht im Freien aufzuhalten, höher gelegene Stockwerke in robusten Gebäuden aufzusuchen und Radio oder Fernsehen eingeschaltet zu lassen. Dies gilt insbesondere für die gefährdeten Inseln, die nur per Schiff oder Lufttransportmittel zu erreichen sind, zumal Schiff- und Luftfahrt während des Sturms stark eingeschränkt sind bzw. eingestellt werden müssen.

Die Bewohner der von der Sturmflut betroffenen Gebiete werden über Gefahrendurchsagen oder über andere zur Verfügung stehende Mittel (z. B. Fernsehen, Rundfunk und neue Medien) aufgefordert, sichere Orte aufzusuchen. Dort, wo der Strom ausfällt, können die Betroffenen nur noch batteriebetriebene Empfänger nutzen.<sup>59</sup> Insbesondere in den Stromausfallgebieten, in denen die Meldungen und Informationen nicht über digitale, bzw. auf Strom angewiesene Medien weitergegeben werden können, führen Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben Befahrungen mit Lautsprecherfahrzeugen durch. Ggf. sind auch „Tür zu Tür-Informationen“ erforderlich. Vulnerablen und gefährdeten Bevölkerungsgruppen ist hierbei besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Krankenhäuser sowie Alten- und Pflegeheime werden von Rettungsdiensten, Sanitätsdiensten und Feuerwehren mit Krankenkraftwagen und Bussen evakuiert. Für Menschen, die nicht bei

<sup>56</sup> Die Bundesländer verfügen über sehr detaillierte Richtlinien, die den Schutz vor Sturmfluten regeln und ein koordiniertes Handlungskonzept beinhalten. So verfügt z. B. die Stadt Hamburg über einen Plan zur Verteidigung der öffentlichen Hochwasserschutzanlagen, der bis zu den einzelnen Akteuren heruntergebrochen ist, die im Falle des vorliegenden Szenarios über ein Benachrichtigungsschema alarmiert werden.

<sup>57</sup> Dabei können sich z. B. in Hamburg gefährdete Bewohner, die kein eigenes Fahrzeug oder keine Mitfahrgelegenheit haben, auch zu ausgewiesenen Sammelplätzen begeben. Bei den Sammelplätzen handelt es sich überwiegend um Bushaltestellen, die zusätzlich mit einem entsprechenden Schild kenntlich gemacht wurden. Zu den Sammelplätzen, die nicht Bushaltestellen sind, werden bei einer Evakuierung ggf. Betreuungspersonen entsandt, die bei Bedarf weiterhelfen.

<sup>58</sup> Wie unter 2.1 beschrieben, wird für das vorliegende Szenario ein überflutetes Gebiet mit einer Fläche von ca. 1.350 km<sup>2</sup> angenommen, in dem ca. 150.000 Personen leben.

<sup>59</sup> Informationen zu allen wichtigen Themen – vom Lebensmittelvorrat bis zum Notgepäck – um persönlich für den Notfall gerüstet zu sein, finden sich beispielsweise im „Ratgeber für Notfallvorsorge und richtiges Handeln in Notsituationen“, abrufbar im Internet unter: <http://www.bkk.bund.de/DE/Ratgeber/VorsorgefuerdenKat-fall/VorsorgefuerdenKat-fall.html> (zuletzt aufgerufen am 06.10.2014).

Bekanntem oder Verwandten unterkommen können, werden Notunterkünfte eingerichtet. In den Aufnahmegebieten werden Registrierungsstellen eingerichtet. Die medizinische und ggf. pflegerische Betreuung der Evakuierten ist ebenso wie die Versorgung mit Lebensmitteln und Trinkwasser sicherzustellen. Das Evakuierungsgebiet muss durch die Gefahrenabwehrbehörden zur Vermeidung von Plünderungen gesichert und bewacht werden.

Für bestimmte Industrieanlagen sowie für Einrichtungen Kritischer Infrastrukturen in den Evakuierungsgebieten müssen gesonderte Notfallpläne ggf. zum Erhalt der Funktion bzw. zur kontrollierten Abschaltung aufgerufen und umgesetzt werden.

Mit Eintreffen des Sturms sowie der Sturmflut steigt die Zahl der Notrufe und Schadensmeldungen, die bei den Leitstellen von Polizei, Feuerwehr und Rettungsdienst eingehen, rapide an. Noch während der Sturm mit voller Intensität andauert, rücken Einheiten aus. Vielfach nimmt die Anfahrt mehr Zeit in Anspruch als im Normalfall, da umgeknickte Bäume und verwehte Trümmer die Straßen versperren oder Straßen überflutet sind. Aufgrund der hohen Gefährdung, der die Einsatzkräfte selbst ausgesetzt sind, beschränken sich Einsätze während dieser Zeit auf den Schutz und die Rettung von Menschen sowie auf unabdingbare Einsätze der Gefahrenabwehr (z. B. Brandbekämpfung). Weniger gravierende Hilfeleistungen werden mitunter erst Tage später durchgeführt. Besonders vordringlich ist die Rettung von Menschen, die aufgrund von Deichbrüchen und plötzlichen Überflutungen von Wassermassen eingeschlossen sind. Hierzu kommen Hubschrauber, Boote und Amphibienfahrzeuge zum Einsatz. Die Seenotrettungsdienste sind ebenfalls im Einsatz.

Da viele Kommunen ähnlich stark betroffen sind, sind örtliche Einheiten bereits gebunden und können benachbarten Gebietskörperschaften nicht zur Hilfe kommen. Die Innenministerien der Länder koordinieren daher in Abstimmung mit den Kommunen die Verlegung von Einsatzkräften und Material aus weniger stark betroffenen Gebieten in die Schadensgebiete. Ziel ist die schnellstmögliche Bewältigung der Lage unter flächendeckender Aufrechterhaltung einer Grundversorgung mit Leistungen von Polizei, Feuerwehren und Rettungsdiensten, was für die Einsatzkräfte eine hohe Arbeitsbelastung darstellt. Einheiten des Bundes, darunter Bundespolizei, Technisches Hilfswerk (THW) und Bundeswehr, leisten Amtshilfe. Hierbei werden auch Lufttransportmittel eingesetzt, um Personal, Gerät und Hilfsgüter in Einsatzgebiete zu bringen bzw. Rettungsmaßnahmen zu unterstützen.<sup>60</sup> Krisenstäbe auf Länderebene helfen bei der Koordinierung der Einsätze. Das Gemeinsame Melde- und Lagezentrum (GMLZ) von Bund und Ländern stellt Lagebilder zur Verfügung und vermittelt auf Anfrage der Länder Engpassressourcen. In einzelnen Bundesministerien werden Krisenstäbe eingerichtet (z. B. BMI, BMVI). Grenzüberschreitende Hilfeleistung erfolgt auf Basis bilateraler Hilfeleistungsabkommen.

Neben den Rettungs-, Hilfeleistungs-, Lösch- und Verkehrsregelungsmaßnahmen, die in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Sturmflut- und Sturmereignis stehen, stellen die durch Schäden am Elektrizitätsnetz verursachten Stromausfälle eine große Herausforderung für die Einsatzkräfte dar. Einheiten aus dem ganzen Bundesgebiet werden alarmiert, um in den Stromausfallgebieten gemeinsam mit den örtlichen Kräften und Unternehmen der Privatwirtschaft die Versorgung der Bevölkerung mit lebenswichtigen Dienstleistungen sicherzustellen.

Der gebietsweise Ausfall der Telekommunikation infolge des Stromausfalls führt zu starken Einschränkungen in der Kommunikation zwischen den Behörden und den Hilfsorganisationen sowie zu Schwierigkeiten in der Informationsbeschaffung.<sup>61</sup> Dies hat zur Folge, dass Lagebilder und Einsatzinformationen nicht immer aktuell und vollständig übermittelt werden können und Entscheidungsprozesse für beide Seiten erschwert sind.

---

<sup>60</sup> Aufgrund des Orkans ist es wahrscheinlich, dass gemäß den flugbetrieblichen Vorgaben keine Starts von Lufttransportmitteln durchgeführt werden dürfen. In diesem Fall entscheidet der Pilot, ob er trotzdem den Einsatz fliegen kann und will. Lediglich auf Anweisung der Einsatzleitstelle muss das Lufttransportmittel am Boden bleiben. Aufgrund der Extrembedingungen ist es möglich, dass Einsatzleitstellen aus Sicherheitsgründen ein grundsätzliches Startverbot aussprechen. Eine deutliche Einschränkung der Hilfeleistungen durch Lufttransportmittel wäre die Folge.

<sup>61</sup> Vgl. Kap. 3, Branche Notfall-/Rettungswesen einschließlich Katastrophenschutz.

### 3. Auswirkungen auf KRITIS/Versorgung

#### Vorbemerkung:

Kritische Infrastrukturen sind komplexe Systeme, von denen eine Vielzahl von Versorgungsfunktionen abhängen. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die Beeinträchtigung einzelner Infrastruktursektoren und -branchen auch Einfluss auf andere Infrastrukturen und ihre Versorgungsleistungen haben wird. Dieser Umstand kann in seiner Komplexität hier nicht abgebildet werden. Da die Risikoanalyse aus der übergeordneten Perspektive des Bundes erfolgt, werden die zu erwartenden Auswirkungen auf den Bereich KRITIS/Versorgung hier in generalisierter, qualitativer Weise dargestellt.<sup>62</sup>

#### Generelle Grundannahmen:

Es ist davon auszugehen, dass das dem Szenario zu Grunde gelegte Sturmereignis sowie die Sturmflut Schäden an Infrastrukturen der Stromversorgung verursachen und es folglich zu gebietsweisen Stromausfällen kommt. Die daraus resultierenden Auswirkungen sind entscheidend für die Ausprägung der anzunehmenden Auswirkungen in fast allen KRITIS-Branchen und deren Versorgungsleistungen für die Bevölkerung. Abbildung 8 im Kapitel 2.1 zeigt eine generalisierte Karte der im Rahmen des Szenarios angenommenen Stromausfallgebiete.

In diesen Gebieten sind zunächst mehr als 6 Mio. Personen von Ausfällen der Stromversorgung betroffen, die gebietsweise länger als drei Wochen anhalten.<sup>63</sup> Die angenommene Wiederherstellung der Stromversorgung bezieht sich insbesondere auf eine kurzfristige Notversorgung und provisorische Lösungen. Für das vorliegende Szenario wurden folgende generelle Grundannahmen getroffen:

- Aufgrund der sich bereits im Vorfeld abzeichnenden Intensität des Sturms und der entsprechenden Sturm- und Sturmflutwarnungen treffen die Energieversorgungsunternehmen, die Netzbetreiber und deren Vertragspartner frühzeitig Vorkehrungen. Das Personal wird informiert, Rufbereitschaften werden eingerichtet oder ausgebaut, Urlaube umdisponiert, Krisenstäbe vorsorglich einberufen. Die zuständigen Behörden stehen mit den Unternehmen in Verbindung.

<sup>62</sup> Grundlage hierfür sind begründete Annahmen und Experteneinschätzungen der beteiligten Bundesbehörden. Für quantitative Aussagen wären zusätzliche, tiefergehende Analysen notwendig, die auch die Komplexität der vielfältig miteinander verflochtenen Infrastrukturen berücksichtigen müssten. Entsprechend detaillierte Hintergrundinformationen liegen zustandigkeitsbedingt für viele Bereiche nicht auf Ebene des Bundes vor.

<sup>63</sup> Die Ermittlung der von Stromausfall betroffenen Gebiete sowie der angenommenen Dauer der Ausfälle erfolgte analog zur Risikoanalyse „Wintersturm“, angepasst für den ersten der dort angenommenen beiden Stürme. Für nähere Informationen zur Vorgehensweise siehe ebd., S. 41ff. Die von Stromausfall betroffenen Gebiete wurden aufgrund ihrer Lage in Bereichen der höchsten Windgeschwindigkeiten ausgewählt. Die Dauer der Ausfälle der öffentlichen Stromversorgung wird wie folgt angenommen:

- unmittelbar: 100 % der Bevölkerung in betroffenen Gebieten ohne Strom (mehr als 6 Mio. Personen), im restlichen Bundesgebiet zusätzliche kurzfristige Ausfälle
- nach 24 Stunden: mindestens 80 % der Bevölkerung in betroffenen Gebieten ohne Strom (> 4,8 Mio. Personen)
- nach 1 Woche: mindestens 50 % der Bevölkerung in betroffenen Gebieten ohne Strom (> 3 Mio. Personen)
- noch nach 3 Wochen: mindestens 10 % der Bevölkerung in betroffenen Gebieten ohne Strom (> 600.000 Personen).

Auf Grundlage der vorliegenden Erkenntnisse ist es aus der übergeordneten Bundesperspektive nicht möglich, eine konkretere Abschätzung des Zeitraums vorzunehmen, nach dem die Strominfrastruktur und somit die übliche Stromversorgung vollumfänglich wiederhergestellt wären. Die skizzierten Auswirkungen auf den Bereich der Elektrizitätsversorgung stellen eine hinsichtlich des räumlichen Umfangs und der zeitlichen Dauer plausible Einschätzung der Folgen eines Sturmszenarios der beschriebenen Intensität dar und wurden von einer behördenübergreifenden, interdisziplinären Arbeitsgruppe unter Einbeziehung der bei Ereignissen der Vergangenheit gemachten Beobachtungen entwickelt. Sie zeigen auf, was bei konservativer Betrachtung des Szenarios mindestens zu erwarten wäre. Die Ausfälle könnten auch noch weit darüber hinausgehen. Aufgrund der Komplexität des Systems der Stromerzeugung, -übertragung und -verteilung und vielfacher Wechselwirkungen zwischen dieser und den weiteren Branchen der Kritischen Infrastrukturen ergibt sich eine Bandbreite von denkbaren Verläufen, die vergleichbar plausibel, aber unterschiedlich schwerwiegend wären, und somit auch eine Bandbreite von an den Schutzgütern zu erwartenden Schäden. Es ist festzuhalten, dass diese die hier dargestellten Schäden weit übersteigen können, wenn bei nur wenigen Faktoren geringfügig abweichende Verläufe unterstellt werden.

- Das zur Wiederherstellung der Stromnetze benötigte Fachpersonal und Material kann zum Teil aus dem nicht von Stromausfall betroffenen Gebiet angefordert werden.<sup>64</sup> Durch die flächenhaften Ausfälle entwickelt sich beides jedoch schnell zur Engpassressource, was bundesweites Disponieren notwendig macht.
- Ob in anderen wichtigen Einrichtungen ein Grundbetrieb aufrechterhalten werden kann, hängt stark von der vorhandenen Notstromversorgung ab. Zwar ist in einzelnen Bereichen eine stationäre Notstromversorgung für einen Zeitraum von mehreren Stunden bis hin zu Tagen vorgeschrieben. Vielfach sind die Vorhaltungen zur Notstromversorgung jedoch nur auf die Überbrückung kurzzeitiger Stromausfälle ausgelegt<sup>65</sup> oder es ist gar keine Notstromversorgung vorhanden. Punktuell ist eine Eigenversorgung einzelner Gebäude über entsprechend ausgerüstete Photovoltaik-Anlagen möglich.<sup>66</sup>
- Insgesamt ist davon auszugehen, dass die Leistungsfähigkeit vieler Einrichtungen während der Zeit des Stromausfalls entsprechend eingeschränkt ist und die vorgehaltenen Treibstoffvorräte meist innerhalb kurzer Zeit (an vielen Stellen innerhalb weniger Stunden) aufgebraucht sind.
- In Einrichtungen, die über keine eigene Notstromversorgung verfügen, kann eine solche zwar grundsätzlich zeitnah aufgebaut werden, sofern mobile Notstromaggregate, Fachpersonal und spezielle Ausrüstung (zur Schaffung provisorischer Anschlüsse, wo dies nötig ist) vorhanden sind. Im hier betrachteten Szenario und dem entsprechend großen räumlichen Ausmaß der Stromausfälle ist allerdings davon auszugehen, dass dies vielerorts aus Kapazitätsgründen nicht der Fall sein wird: Notstromaggregate, Treibstoff und Fachpersonal werden sich in einem großflächigen und lang anhaltenden Stromausfall bundesweit schnell zu Engpassressourcen entwickeln, die vorrangig dort eingesetzt werden, wo ein dringendes öffentliches Interesse an ihrem Einsatz besteht. Hier ist eine priorisierte Versorgung von Einrichtungen geboten, deren Ausfall besonders schnell zu Schäden führen würde oder besonders viele Menschen betreffen würde.
- Es ist damit zu rechnen, dass Behörden, aber auch Privatpersonen und Firmen im gesamten Bundesgebiet frühzeitig dazu aufgerufen werden, verfügbare Aggregate verschiedenster Größen zu melden und für einen Transport ins Schadensgebiet bereitzustellen. Ferner ist davon auszugehen, dass ein internationales Hilfersuchen gestellt wird.
- Treibstoff muss laufend in die betroffenen Gebiete transportiert werden. Hiermit ist ein hoher Logistikaufwand verbunden. Punktuell kommt es dazu, dass Aggregate oder Treibstoff nicht rechtzeitig oder gar nicht geliefert werden können, obwohl sie dringend benötigt werden. Dies führt zu einer massiven Verschlechterung der Versorgungslage der betroffenen Bevölkerung vor Ort.

Vor diesem Hintergrund sind in den nachstehenden Ausführungen zu den jeweiligen Infrastrukturbranchen neben den unmittelbaren Auswirkungen durch die Sturmflut auch jeweils zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall angeführt.

Ein weiterer Aspekt mit Relevanz für alle Infrastrukturbranchen ist der Umstand, dass das Eindringen von Salzwasser bei entsprechender Einwirkungszeit Schäden an Anlagen verursachen kann (z. B. Korrosion). Diese können sich auch noch im Nachgang des eigentlichen Ereignisses auswirken.

---

<sup>64</sup> Hierzu dient zum Beispiel das vom Forum Netztechnik/Netzbetrieb (FNN) im Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE) herausgegebene Ressourcenregister für Krisenfälle. Die beteiligten Unternehmen geben darin an, welche Ressourcen zur Krisenbewältigung (Notgestänge, Trafos, Aggregate usw.) sie vorhalten und ermöglichen über ihre Kontaktdaten einen Austausch.

<sup>65</sup> Hierbei handelt es sich in der Regel um eine Ausstattung mit Batterien. Diese sind für die Aufrechterhaltung eines umfassenden Weiterbetriebes über eine längere Zeit grundsätzlich nicht vorgesehen, sondern sollen – häufig als Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) – für einen kurzen Zeitraum bis zur Wiederversorgung den Weiterbetrieb der wichtigsten Komponenten gewährleisten. Die Erfahrung zeigt, dass Notstromaggregate aus unterschiedlichen Gründen auch sporadisch ausfallen können. Der Umstand, dass ein Notstromaggregat vorhanden ist, bedeutet daher nicht zwingend auch seine Funktionstüchtigkeit über den theoretisch vorgesehenen Zeitraum.

<sup>66</sup> Wenn Photovoltaik-Anlagen mit speziellen Vorrichtungen für den Inselbetrieb ausgestattet sind, ist eine Selbstversorgung einzelner Gebäude möglich. Eine solche Ausstattung ist bislang aber noch selten.

## Sektor ENERGIE

**Branche ELEKTRIZITÄT****Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:**<sup>67</sup>

- Im unmittelbaren Überflutungsgebiet wird der Strom aus Sicherheitsgründen abgestellt bzw. fällt aufgrund von Störungen im lokalen Verteilernetz oder an den Umspannstationen aus. Im Umfeld der überfluteten Bereiche fällt auf der Verteilernetzebene die Stromversorgung aus; ein Weiterbetrieb der Übertragungsnetze ist weitgehend möglich, sofern diese nicht zusätzlich durch den Sturm beschädigt sind. Menschen, die nicht evakuiert werden, sind von zeitweiligen Einschränkungen der Stromversorgung betroffen.
- Kohle-, Gas- und Erdölkraftwerke an den Flussmündungen der Deutschen Bucht und in der Küstenregion sind zum Teil durch direkte Wassereinwirkung und zum Teil durch hochwasserbedingte Störungen in der Kühlwasserzufuhr betroffen. Kernkraftwerke haben höhere Sicherheitsstandards (vgl. Fußnote 43). Auch von Kraftwerken, die zwar funktionsfähig sind, für die jedoch die notwendigen Leitungen zum Stromtransport aufgrund von Störungen oder aus Sicherheitsgründen abgestellt sind, kann keine Erzeugungsleistung ins Netz eingespeist werden. Die sturmflutbedingte Mindererzeugung hat allerdings keine bundesweiten Auswirkungen.
- Kohlelieferungen für Steinkohlekraftwerke über niederländische und deutsche Binnenschiffahrtsstraßen sind aufgrund der Sturmflut für einige Tage beeinträchtigt. Dies hat indes keine wesentlichen Auswirkungen auf die Stromerzeugung von Steinkohlekraftwerken im Landesinneren.
- Dort, wo die Sturmflut Schäden an Übergabestellen der Offshore-Windkraftanlagen (Übergang Seekabel ins Übertragungsnetz) verursacht, fällt diese Erzeugungsleistung aus. Die Übertragungsleistung von Seekabeln im Flachwasserbereich, die durch die Sturmflut freigelegt und beschädigt werden, fällt ebenfalls aus.<sup>68</sup>

**Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:**

- Die auftretenden Orkanböen verursachen bundesweit Schäden und Zerstörung an Infrastrukturen der Elektrizitätsversorgung auf allen Spannungsebenen (Leitungstrassen, Transformatorstationen, Umspannwerke usw.). Der Schwerpunkt liegt dabei auf den Freileitungen der Höchst- und Hochspannung.<sup>69</sup> Auch Photovoltaik- und Windenergieanlagen werden beschädigt. Zudem führt die Auskopplung von Windenergieanlagen aufgrund der hohen Windgeschwindigkeiten zu entsprechenden Leistungsausfällen.<sup>70</sup>
- Zeitweise sind mehr als 6 Mio. Menschen von Stromausfällen betroffen, die gebietsweise mehr als drei Wochen andauern. Das zur Wiederherstellung der Stromnetze benötigte Fachpersonal und Material entwickelt sich schnell zur Engpassressource, was bundesweites Disponieren notwendig macht. Zudem erschweren die Stromausfälle die Arbeiten zur Wiederherstellung der Stromversorgung. So setzt z. B. die Fertigung nicht in Reserve vorliegender Bauteile eine funktionierende Produktionsinfrastruktur voraus. Auch der Ausfall der Kommunikationsinfrastruktur erschwert die Wiederaufbaumaß-

<sup>67</sup> Neben der Gefahr eines Stromausfalls durch den Ausfall von Infrastrukturkomponenten könnte durch eine Überflutung von einzelnen Infrastrukturen der Stromversorgung Gefahr für die Bevölkerung ausgehen. Insbesondere die Gefährdung durch Kernkraftwerke im Überflutungsgebiet ist in diesem Zusammenhang von Relevanz. Diese sind gemäß Aussage des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) auf Hochwasserereignisse mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von mindestens 10.000 Jahren baulich ausgelegt (Vgl. KTA: Schutz von Kernkraftwerken gegen Hochwasser; Sicherheitstechnische Regel 2207; 2004). Untersuchungen im Rahmen des EU-Stresstests, die unter anderem die Sicherheitstechnische Regel 2207 des KTA berücksichtigen, sowie im Rahmen der Sicherheitsüberprüfung der Reaktor-Sicherheitskommission, die nach dem katastrophalen Unfall in Fukushima durchgeführt wurden, ergaben, dass sämtliche Kernkraftwerke in Deutschland Hochwassern von einem mindestens 10.000 jährlichen Wiederkehrintervall standhalten würden (vgl. hierzu: EU Stresstest - National Report of Germany, BMU 2011, Anlagenspezifische Sicherheitsüberprüfung (RSK-SÜ) deutscher Kernkraftwerke unter Berücksichtigung der Ereignisse in Fukushima-I (Japan), Reaktor-Sicherheitskommission 2011). Hierzu finden sich indes auch kritische Bewertungen (vgl. z.B. Stellungnahme zum „Stresstest“ der Reaktorsicherheitskommission vom 17.05.2011, Büro für Atomsicherheit 2011, Bewertung der anlagenspezifischen Sicherheitsüberprüfung (RSK-SÜ) deutscher Kernkraftwerke durch die Reaktorsicherheitskommission (RSK) vom 16. Mai 2011, Greenpeace 2011).

<sup>68</sup> Bei heutigem Ausbaustand der Offshore Windenergie (Nordsee: 856 MW; Ostsee: 50,8 MW, Quelle: <http://www.offshore-windenergie.net/windparks/windparks-in-betrieb> Stand Oktober 2014) ist ein solcher Ausfall noch kompensierbar. Bei gleichbleibender Entwicklung werden zukünftig die Kompensationsmöglichkeiten im Verbundnetz aufgrund der anwachsenden Offshore-Erzeugungsleistung abnehmen.

<sup>69</sup> Die Niederspannungsleitungen sind fast vollständig, die Mittelspannungsleitungen großteils unterirdisch verlegt und damit weniger betroffen.

<sup>70</sup> Derzeit ist eine Vollversorgung ohne die fluktuierenden Erzeuger Photovoltaikanlagen und Windenergieanlagen möglich und für den Netzwiederaufbau wird auf Großkraftwerke zurückgegriffen. Wenn Photovoltaikanlagen und Windenergieanlagen als virtuelle Kraftwerke regelbar ausgestattet werden (SMART-Grid), können sie perspektivisch auch für den Netzwiederaufbau eine Rolle spielen und gewinnen somit an Bedeutung für die Wiederversorgung.

nahmen der Netzbetreiber. Zwar können die Übertragungsnetzbetreiber untereinander und teilweise auch mit den Verteilnetzbetreibern noch kommunizieren, doch bestehen nur noch stark eingeschränkte Möglichkeiten zur Kommunikation mit lokalen Behörden und anderen Stellen. Die Kommunikation unter den Verteilnetzbetreibern ist ebenfalls entsprechend erschwert.

- Durch die anhaltenden Stromausfälle kommt es zu Schwierigkeiten der Treibstoffversorgung. Zwar halten die Betreiber Notstrom für ihre eigenen Einrichtungen (Umspannwerke usw.) in begrenztem Maße vor, doch innerhalb von mehreren Stunden benötigen sie Treibstoffnachschub, um handlungsfähig zu bleiben. Ohne Treibstoff verzögern sich die Wiederherstellungsmaßnahmen erheblich. Private Tankstellen sind i.d.R. nicht einspeisefähig, so dass bei Stromausfall ohne spezielle Umrüstungsmaßnahmen und Vorbereitungen kein Nachschub über private Versorger direkt bezogen werden kann.
- Kernkraftwerke benötigen, auch wenn sie nicht in Betrieb sind, Strom zur Kühlung. Diesen beziehen sie aus dem öffentlichen Stromnetz. Um die Kühlung auch bei einem Stromausfall sicherzustellen, sind sie mit einer umfangreichen Notstromversorgung ausgerüstet, die auf gestuften, redundanten Systemen aufbaut. Die Treibstoffversorgung ist aufgrund der vorhandenen Vorräte der Kraftwerke zwar zunächst sichergestellt, muss aber bei einer längeren Dauer des Stromausfalles prioritär von außen erfolgen.

#### Branche GAS

##### Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:

- Im unmittelbaren Überflutungsgebiet wird die Gasversorgung aus Sicherheitsgründen abgestellt bzw. fällt aufgrund von Störungen im lokalen Verteilernetz aus. Die vom Ereignis betroffenen Produktionsanlagen in den küstennahen Erdgasfeldern stellen den Betrieb ein. Bei Überflutung von Anlandestellen der Ferngaspipelines aus der Nordsee kommt es dort zum Ausfall der Gaseinspeisung. Dort, wo Erdgasspeicher überflutet werden, fallen diese Anlagen aus. Die Integrität (Dichtheit und Standsicherheit) der Gasspeicher ist durch das Ereignis indes nicht beeinträchtigt.
- Insgesamt ist die Gasversorgung der Bevölkerung nicht gefährdet, solange anderweitige leitungsgebundene Zulieferungen aus dem Ausland (Niederlande, Russland) sowie Erdgasspeicher im Inland zur Verfügung stehen.
- Zur Betroffenheit der Ferngasversorgung sind derzeit keine Aussagen möglich.<sup>71</sup>

##### Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:

- In den Stromausfallgebieten entsteht zwar keine Gasmangellage, doch ist die Gasversorgung beeinträchtigt, da einige Komponenten des Gasnetzes auf Strom angewiesen sind (Gasdruck-Regel- und Messstationen und Verdichterstationen, abhängig vom Bautyp).
- Mit Ausfall der Stromversorgung fallen in den betroffenen Gebieten auch Abnehmer aus, da sowohl private Haushalte, als auch öffentliche Einrichtungen und Industrie ohne Stromversorgung kein Gas nutzen können.
- Gaskraftwerke stellen ihren Betrieb ein, da sie keinen Strom in das beschädigte Stromnetz einspeisen können. Da im Gasnetz auch nach Ausfall der Nachspeisung noch komprimiertes Gas vorhanden ist, können die wenigen Abnehmer, die über eine Notstromversorgung verfügen oder in einem nicht vom Stromausfall betroffenen Gebiet liegen, weiterhin Gas entnehmen. Betroffene Leitstellen und Verdichterstationen von überregionaler Bedeutung werden, falls sie über keine eigenen Vorhaltungen verfügen, mit Notstromaggregaten sowie kontinuierlich mit Treibstoff versorgt.

#### Branche MINERALÖL

##### Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:

- Viele unterirdische Mineralölspeicher und auch oberirdische Tanklager befinden sich in Küstennähe. Die Integrität (Dichtheit und Standsicherheit) der Mineralölspeicher ist zwar durch das Ereignis nicht beeinträchtigt, doch werden die Speicheranlagen in den überflutungsgefährdeten Gebieten kontrolliert außer Betrieb genommen. Der Ein- und Auspeicherbetrieb ist für den Zeitraum des Ereignisses nicht möglich. Die betreffenden Mineralölvorräte sind somit während der Sturmflut nur bedingt nutzbar. Somit kann in dieser Zeit kein Umschlag stattfinden und die Versorgung der betroffenen

<sup>71</sup> Grundsätzlich sind die Gasanlagen selbst in der Regel durch den sehr hohen vorherrschenden Druck gegen Wassereintrich geschützt. Probleme können allerdings entstehen, wenn automatisierte Steuerungsanlagen und deren Elektronik nass werden. Sofern sie nicht vorab kontrolliert außer Betrieb genommen wurden, fallen die Anlagen aus. Ein Umschalten auf manuellen Betrieb ist dann in der Regel nicht mehr möglich, da die Sicherungsventile zufallen. Sollten zentrale Elemente der Ferngasversorgung (Verdichterstationen, Schaltwarten, automatisierte Steuerungsanlagen) von dem Ereignis betroffen sein, fallen diese Anlagen aus. Welche Folgen dies für die Gasversorgung in Deutschland haben würde ist derzeit nicht bekannt.

Abnehmer von Rohöl bzw. Mineralölprodukten muss – soweit logistisch möglich – anderweitig erfolgen. Eine Freigabe von Erdölreserven aus der Krisenvorsorge kann zur Milderung der Versorgungsschwierigkeiten geboten sein.

- Auch überflutungsgefährdete Förder- und Aufbereitungsanlagen werden kontrolliert außer Betrieb genommen.

#### **Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:**

- Aufgrund der europaweit auftretenden hohen Windgeschwindigkeiten wird der Umschlag von Erdöl (-derivaten) auf Pipelines und Binnenschiffe an den ARA-Häfen (Amsterdam, Rotterdam, Antwerpen) zeitweise eingestellt.
- Durch die Stromausfallgebiete verlaufen Pipelines für Mineralöl und Mineralöl-Derivate, vereinzelt befinden sich dort auch Raffinerien, Schaltzentralen und weitere Einrichtungen, die für die Verarbeitung und den Transport von Mineralöl(-produkten) von Bedeutung sind. Raffinerien verfügen nur teilweise über eigene Kraftwerke, die autonom arbeiten und die Standorte versorgen können. Die Einspeisung in die Pipelines kann nur dort aufrechterhalten werden, wo die entsprechenden Pumpstationen nicht auf eine Stromversorgung angewiesen sind. Zudem verfügen nur einige Tanklager über eine Notstromversorgung.
- Dort, wo Standorte der Lagerbestände der Mineralölwirtschaft sowie der für Krisensituationen zusätzlich vorhandenen Mineralölbevorratung vom Stromausfall betroffen sind, können diese Mineralölreserven nicht zur Milderung der Versorgungsschwierigkeiten der betroffenen Regionen genutzt werden. Wo andere Verkehrsträger zur Verfügung stehen (Schiff, Schiene, Straßentankwagen), hilft die flexible Logistik der Mineralölwirtschaft, die stromausfallbedingten Versorgungsschwierigkeiten in den betroffenen Regionen zu mildern.
- In den Stromausfallgebieten fallen die meisten privaten Tankstellen aus, da diese i. d. R. ohne spezielle Umrüstungsmaßnahmen und Vorbereitungen nicht beliefert werden können, sodass im Zeitraum des Stromausfalls kein Nachschub über private Versorger direkt bezogen werden kann. Die wenigen „einspeisefähigen“ Tankstellen, die ihren Betrieb aufrechterhalten können, werden in erster Linie für die Versorgung von (Einsatz-)Fahrzeugen genutzt, die in die Krisenbewältigung eingebunden sind bzw. unabdingbare Versorgungsfahrten durchführen. Sonstige Fahrzeuge müssen zum Tanken in nicht betroffene Nachbarkreise ausweichen.

## **Sektor INFORMATION UND TELEKOMMUNIKATION**

### **Branche TELEKOMMUNIKATION**

#### **Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:**

- In den unmittelbar überfluteten Gebieten entstehen durch lokale Stromausfälle oder das unmittelbare Eindringen von Wasser in Infrastrukturkomponenten Probleme mit den Kommunikationsnetzen.
- Anlandestellen von Seekabeln, die überflutet werden, fallen aus.
- Netzknoten mit überregionaler Bedeutung für die Kommunikationsnetze sind teilweise mit Grundschutzmaßnahmen gegen die Elementargewalten geschützt. Wo dies nicht der Fall ist, kommt es zu überflutungsbedingten Ausfällen.

#### **Zusätzliche Auswirkungen durch den Sturm und Stromausfall:**

- Mobilfunkantennen werden beschädigt bzw. zerstört, was zu sofortigen Ausfällen führt.
- Schäden an Richtfunkantennen können erst nach Stunden oder Tagen über mobile Systeme oder Redundanzen (Glasfaser- bzw. Kupferkabel) kompensiert werden.
- Nach spätestens zwei Tagen, vielerorts bereits schon nach wenigen Stunden, sind die Notstromkapazitäten der meisten Ortsvermittlungsstellen und Basisstationen erschöpft, sodass der Großteil der Bevölkerung in den Stromausfallgebieten ab diesem Zeitpunkt nicht mehr in der Lage ist, per Telefon zu kommunizieren.<sup>72</sup>
- Die Basisstationen von Schnurlostelefonen und die meisten ISDN-Anschlüsse fallen infolge des Stromausfalls sofort aus. Da die VoIP-Telefonie auf einen funktionierenden Internetzugang angewiesen ist, kommt es auch hier zu Ausfällen (→ *Querverweis Informationstechnik*).
- Die über terrestrische Kupferkabel direkt an die Vermittlungsstellen angeschalteten analogen Telefone werden über das Telefonnetz mit Strom versorgt und funktionieren daher zunächst noch. Die Kommunikation über Satellitentelefone ist

<sup>72</sup> Zur Sicherstellung des Weiterbetriebes der Ortsvermittlungsstellen und Basisstationen in den Stromausfallgebieten wären ein massiver Einsatz von Notstromaggregaten und eine kontinuierliche Treibstoffversorgung notwendig, was aufgrund der hohen Nachfrage nach diesen Kapazitäten trotz der hohen Bedeutung dieser Branche nicht leistbar ist.

zwar während des gesamten Zeitraums möglich, sofern diese energiesparend eingesetzt werden, doch sind Satellitentelefone nicht sehr weit verbreitet<sup>73</sup> und funktionieren nur im eigenen Netz.

- Fernvermittlungsstellen verfügen über eine ausdauerndere Notstromversorgung durch Diesellaggregate, deren Tankfüllung in der Regel für zwei Tage reicht. Für diese Einrichtungen bestehen Lieferverträge, die auch während des Ereignisses erfüllt werden können. Auch die wenigen betroffenen Repeater-Stationen zur Verstärkung der Signale in den Glasfaserkabeln können ihren Betrieb aufrechterhalten. Die überregionale Telekommunikation außerhalb der Stromausfallgebiete ist somit nicht beeinträchtigt. Generell ist allerdings aufgrund des hohen Informationsbedürfnisses und des schnellen Ausfalls anderer Kommunikations-/Informationsmöglichkeiten (→ *Querverweis Informationstechnik*) innerhalb kurzer Zeit mit einer Überlastung der Netze, insbesondere der Mobilnetze, zu rechnen.

#### Branche INFORMATIONSTECHNIK

##### Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:

- Siehe Telekommunikation.
- Rechenzentren im Überflutungsgebiet, die landesweit bzw. deutschlandweit zentrale Dienste anbieten, können ihr Angebot dort, wo keine redundanten Systeme außerhalb der überfluteten Gebiete existieren, nicht aufrechterhalten. Hierdurch fallen beispielsweise Bezahlsysteme, Buchungssysteme und behördliche Anwendungen wie zentrale Dateien aus.

##### Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:

- Auch die meisten Unternehmen und viele Behörden können in Ermangelung einer (ausreichenden) Notstromversorgung nicht mehr auf das Internet zugreifen. Mit dem Ausfall der elektronischen Datenverarbeitung und Kommunikation kommen viele Produktions-, aber auch Verwaltungsprozesse zum Stillstand, was zum Teil gravierende Auswirkungen in den meisten übrigen KRITIS-Branchen nach sich zieht.
- Der Zugriff auf das Internet über mobile Endgeräte ist zunächst noch möglich. Die unter der Branche „Telekommunikation“ angesprochene vielfach auftretenden Ausfälle und Überlastung der Mobilnetze schränken diese Möglichkeit jedoch ein. Nach spätestens zwei Tagen, vielerorts bereits schon nach wenigen Stunden, sind die Notstromkapazitäten der meisten Basisstationen erschöpft, sodass der Großteil der Nutzer in den Stromausfallgebieten ab diesem Zeitpunkt auch nicht mehr in der Lage ist, mobil auf das Internet zuzugreifen.<sup>74</sup>
- Da die Fernvermittlungsstellen und Repeater-Stationen ihren Betrieb aufrechterhalten können (vgl. Branche „Telekommunikation“), die Internetknotenpunkte Redundanzen aufweisen und Umschaltungen möglich sind, ist die überregionale Informationstechnik indes nicht beeinträchtigt.<sup>75</sup>

## Sektor TRANSPORT UND VERKEHR

#### Branche LUFTFAHRT

##### Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:

- Flughäfen und Hubschrauberlandeplätze, die von Überflutung betroffen sind, können bis nach Rückgang des Wassers und Instandsetzung der entstandenen Schäden nicht genutzt werden. Dies führt zu lokalen Einschränkungen des Flugbetriebs. Die Inselflugplätze, die keinen ausreichenden Schutz besitzen, werden entsprechend ihrer topographischen Lage überflutet.

##### Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:

- Für die Dauer des Sturmereignisses werden deutsche und weitere europäische Flughäfen gesperrt. Viele Flüge werden gestrichen. Gestrandete Passagiere müssen durch die Fluggesellschaften betreut werden, was logistische Herausforderungen mit sich bringt und nur mit Unterstützung durch die Einsatzkräfte möglich ist.

<sup>73</sup> Bei zunehmender Verbreitung ist die Frage der Überlastung noch ungeklärt.

<sup>74</sup> Zur Sicherstellung des Weiterbetriebes des allgemeinen Datenübertragungsnetzes für die Bevölkerung in den Stromausfallgebieten wären ein massiver Einsatz von Notstromaggregaten und eine kontinuierliche Treibstoffversorgung notwendig, was aufgrund der hohen Nachfrage nach diesen Kapazitäten trotz der hohen Bedeutung dieser Branche nicht leistbar ist.

<sup>75</sup> Bei Ausfall einzelner Komponenten ist ein Weiterbetrieb der deutschen Netzinfrastruktur über Umschaltungen noch immer möglich. Dies setzt allerdings voraus, dass die Steuerung koordiniert und adäquat erfolgt. Mit steigender Zahl betroffener Komponenten sinkt die Fehlertoleranz des Systems.

- Während des Sturms im Freien geparkte Maschinen, die nicht bereits vorher ausgeflogen oder in Hangars gebracht wurden, müssen vor dem Abflug genau auf Schäden untersucht werden. Dadurch verzögert sich die Wiederaufnahme des Flugbetriebs.
- Nach dem Sturm müssen Flughafen- und sonstige relevante Infrastrukturen (Radar, Funkanlagen, usw.) auf Schäden überprüft und ggf. repariert werden. Vorfelder, Rollwege sowie Start- und Landebahnen müssen gereinigt/geräumt werden.
- Flughäfen verfügen über ausreichende Notstromversorgung, um einen Grundbetrieb aufrechtzuerhalten, allerdings ist die laufende Instandhaltung von Luftfahrzeugen (Line Maintenance) stark eingeschränkt oder gar nicht möglich. Gravierender auf die Gesamtbranche wirken sich jedoch die Auswirkungen im Bereich der Flugsicherung aus. Die Deutsche Flugsicherung (DFS) verfügt über ein bundesweites Netz von Zentralen, Kontrolltürmen, Radarstationen, Funkanlagen und Funkfeuern, das auf eine reibungslose Kommunikation und Datenübermittlung angewiesen ist. Darüber hinaus ist die Kommunikation mit Flughäfen und Fluggesellschaften erforderlich. Hierfür wird auf das herkömmliche Telefon- und Datenübertragungsnetz zurückgegriffen. Da einige der Einrichtungen in den Stromausfallgebieten liegen, in denen nach kurzer Zeit die öffentlichen Ortsvermittlungsstellen ausfallen, ist das Zusammenspiel der Komponenten empfindlich gestört. Solange nicht sicher ist, ob es zu weiteren Stromausfällen kommt, kann ein sicherer Flugbetrieb nicht mehr garantiert werden, weshalb der deutsche Luftraum bis zur Sicherstellung der Stromversorgung gesperrt wird. Flüge im sogenannten unkontrollierten Luftraum (F- und G-Luftraum) können allerdings weiterhin durchgeführt werden, sodass Rettungshubschrauber sowie Hubschrauber von Länderpolizeien, Bundespolizei und Bundeswehr eingesetzt werden können. Die Wartung der Maschinen ist nur im nicht betroffenen Gebiet möglich.

#### Branche SEESCHIFFFAHRT

##### Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:

- Nicht gegen die extrem hohen Wasserstände geschützte Infrastrukturen der Seehäfen und anderer Einrichtungen werden beschädigt oder zerstört. Auch Schiffe werden beschädigt.
- Ungeschützte Hafengebiete werden entsprechend dem Wasserstand bereichsweise gesperrt. Während der Sturmflut sind weder das Anlegen, noch das Be- und Entladen von Schiffen möglich.
- Aufgrund der Langfristvorhersagen meiden einige Seeschiffe die betroffenen Seegebiete und die Reviere Weser und Elbe. Fährverbindungen zu den Inseln werden für die Dauer des Sturms eingestellt. Dennoch geraten einige, insbesondere kleinere Schiffe in Seenot. Einige Schiffe kentern, sinken, verlieren Container. Auch Maschinenausfälle aufgrund des Seegangs sind möglich, sodass Schiffe manövrierunfähig umhertreiben.

→ *Querverweis Logistik*

##### Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:

- Aufgrund der hohen Windgeschwindigkeiten können Häfen vielerorts weder angelaufen noch verlassen werden.<sup>76</sup>
- Schiffe, die auf See sind bzw. im Hafen liegen, produzieren ihren Strom autonom und können sich über längere Zeit selbst versorgen, sofern ausreichend Vorräte vorgehalten werden.
- In den vom Stromausfall betroffenen Häfen kommen zentrale Prozesse wie das Be- und Entladen von Schiffen mittels Kränen oder das Pumpen flüssiger Güter sofort zum Erliegen. Die Notstromversorgung reicht für einen Weiterbetrieb nicht aus, lediglich Funk und Beleuchtung/Sicherung können zunächst noch aufrechterhalten werden.
- Schiffe können nicht mehr abgefertigt werden und stauen sich im Hafen bzw. im Küstenbereich. Vor den Häfen stauen sich Lkw, die nicht mehr abgefertigt werden können. Im weiteren Verlauf steuern einige der Schiffe Häfen in nicht betroffenen Gebieten an, was den Weitertransport der Waren ermöglicht, aber große logistische Herausforderungen mit sich bringt (→ *Querverweis Logistik*).
- Auch in den vom Sturmereignis betroffenen europäischen Seehäfen kommt es zu Einschränkungen und teilweise zu Ausfällen der Be- und Entladungsprozesse von Schiffen, so dass die Ausfälle deutscher Häfen für die Dauer des Sturms und der Schadensbehebung dort nicht kompensiert werden können.

<sup>76</sup> Beispiel: Ab einer Windstärke von 7 Beaufort dürfen außergewöhnlich große Schiffe (über 330m lang oder breiter als 45m) nicht mehr in die Elbe einlaufen oder den Hamburger Hafen verlassen. Vgl. Hamburg Port Authority (2013): Meldung „Hamburg hält der Sturmflut stand“ [http://www.hamburg-port-authority.de/de/presse/neuigkeiten/Seiten/01\\_q1\\_2014/Sturmflut.aspx](http://www.hamburg-port-authority.de/de/presse/neuigkeiten/Seiten/01_q1_2014/Sturmflut.aspx) (zuletzt abgerufen am 08.09.2014).

**Branche BINNENSCHIFFFAHRT****Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:**

- Der kommerzielle Binnenschiffsverkehr sowie der Fährverkehr werden auf allen Tideflüssen eingestellt. Schiffe werden an den Liegeplätzen und Häfen vertäut. Es kommt zu Schäden an Hafenanlagen, verkehrswasserwirtschaftlichen Bauwerken und Schiffen.
- Während der Sturmflut sind weder das Anlegen, noch das Be- und Entladen von Schiffen möglich.

**Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:**

- Teile der Infrastruktur der Häfen und anderer Einrichtungen werden beschädigt oder zerstört. Einige Schiffe kentern, sinken, verlieren Container, werden aus der Fahrrinne oder gegen die Hafenmauer gedrängt. Auch in Gebieten, die nicht von der Sturmflut betroffen sind, sorgt der Sturm dafür, dass das Be- und Entladen während seiner Dauer unmöglich ist.
- In den vom Stromausfall betroffenen Häfen kommen zentrale Prozesse wie das Be- und Entladen von Schiffen mittels Kränen oder das Pumpen flüssiger Güter sofort zum Erliegen. Die Notstromversorgung reicht für einen Weiterbetrieb nicht aus, lediglich Funk und Beleuchtung/Sicherung können zunächst noch aufrechterhalten werden.
- Schiffe können nicht mehr abgefertigt werden und stauen sich im Hafen bzw. auf dem Fluss. Vor den Häfen stauen sich Lkw, die nicht mehr abgefertigt werden können. Im weiteren Verlauf steuern einige der Schiffe Häfen in nicht betroffenen Gebieten an, was den Weitertransport der Waren ermöglicht, aber große logistische Herausforderungen mit sich bringt (→ *Querverweis Logistik*).

**Branche SCHIENENVERKEHR****Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:**

- Der Schienenverkehr wird durch die Sturmflut erheblich beeinträchtigt. Bahninfrastrukturen des Regional- und Fernverkehrs werden streckenweise überflutet und mitunter schwer beschädigt.
- Auch nach der Sturmflut bleiben viele Bahnstrecken längerfristig nicht befahrbar, da sie z. B. durch Unterspülung beschädigt wurden und die Wiederherstellung der Infrastruktur mehrere Wochen bis Monate in Anspruch nimmt.

**Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:**

- Der Sturm wirkt sich unmittelbar und massiv auf den Schienenverkehr aus. Die Bahninfrastruktur wird vielerorts beschädigt bzw. zerstört. Viele Strecken sind durch umgestürzte Bäume oder verwehte Objekte blockiert, Oberleitungen sind beschädigt. Aus Sicherheitsgründen werden viele Strecken nur mit verminderter Geschwindigkeit befahren. Züge fallen auch wegen gesperrter Brücken aus. Auf einigen Strecken des Regional- und Fernverkehrs wird kurzfristig Busersatzverkehr eingerichtet. Der Schienenverkehr bleibt auch in den Tagen nach dem Sturm massiv eingeschränkt, bis alle Strecken wieder betriebsbereit sind.
- In den Stromausfallgebieten fällt die Stromversorgung der Oberleitungen umgehend aus. Nach kurzer Zeit fallen auch Stellwerke, Betriebszentralen, Signale und Weichen aus, die zunächst mit Netzersatzanlagen weiterbetrieben werden konnten. In der Folge kommt der gesamte Schienenverkehr (auch U-Bahn) in den Stromausfallgebieten zum Erliegen. Dies stellt sowohl die Logistik als auch den öffentlichen Personennah- sowie den Fernverkehr vor große Herausforderungen.
- In den Stromausfallgebieten kann ein geringer Teilbetrieb des Eisenbahnverkehrs über dieselgetriebene Züge und über die manuelle Einstellung und ggf. Verschraubung von Weichen erfolgen. Somit können insbesondere wichtige Güter entlang festzulegender Hauptachsen transportiert werden, obgleich mit eingeschränkter Leistungsfähigkeit und erhöhtem organisatorischen Aufwand.
- Die Ausfälle und Verzögerungen im Schienenverkehr, die teilweise bis zu mehrere Monate andauern, müssen über andere Verkehrs- und Transportmittel kompensiert werden, was aufgrund der generellen Beeinträchtigung der Transport- und Verkehrsmittel (→ *Querverweis Transport und Verkehr*) zeitweise deutlich erschwert ist. Die Ausfälle und Verzögerungen im Schienenverkehr wirken sich entsprechend deutlich auf den Sektor Logistik aus (→ *Querverweis Logistik*).

**Branche STRASSENVERKEHR****Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:**

- Straßen und zahlreiche Brücken im Überflutungsbereich sind, ebenso wie Untertunnelungen von Flüssen unpassierbar. Auch küstennahe Bundesautobahnen, Land- und Kreisstraßen sind streckenweise beeinträchtigt, wodurch Verbindungen zwischen und zu den betroffenen Landkreisen unterbrochen werden.
- Auf Ausweichrouten entsteht ein erhebliches zusätzliches Verkehrsaufkommen, zumal diese auch Teile der Ausfälle im Schienenverkehr und in der Binnenschifffahrt kompensieren müssen.
- Auch nach der Sturmflut sind viele Straßen aufgrund von Unterspülungen der Fahrbahnen oder durch Beschädigung der Brücken längerfristig bis zur Wiederherstellung der Straßeninfrastruktur unpassierbar.

**Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:**

- Der Sturm verursacht Schäden an Teilen der Infrastruktur und führt zu unmittelbaren Beeinträchtigungen des Straßenverkehrs. Obwohl behördlicherseits von der Nutzung der Straßen ausdrücklich abgeraten wird, sind bei Eintritt des Sturms noch viele Fahrzeuge unterwegs. In exponierten Lagen - insbesondere auf Brücken - sind die Böen so stark, dass Fahrzeuge (vor allem LKW) erfasst und umgeworfen werden oder von der Fahrbahn abkommen.
- Insbesondere kommunale und Landesstraßen, aber auch Bundesstraßen und Autobahnen sind stark durch Baumbbruch, verwehte Trümmer (z. B. Schilderbrücken und Verkehrsschilder) usw. beeinträchtigt, wodurch zusätzliche Unfälle verursacht werden.
- Brücken halten den Windeinwirkungen stand, allerdings können sich Elemente der Brückenausstattung (insbesondere Wind- oder Lärmschutzwände) lösen.
- Staus bilden sich, Straßenabschnitte und hoch exponierte Brücken müssen gesperrt werden. Eingeschlossene Autofahrer müssen in ihren Fahrzeugen auf Hilfe warten.
- In den Stromausfallgebieten fallen sämtliche Lichtsignalanlagen und die Verkehrsleitsysteme sofort aus. Dies führt insbesondere an belebten Kreuzungen zu Unfällen. In den ersten Stunden nach dem Stromausfall treten vermehrt Staus auf. Auch die Straßenbeleuchtung fällt aus. In Straßentunneln reicht die Notstromversorgung nur für eine Stunde, um verbleibenden Personen und Fahrzeugen ein sicheres Verlassen von Tunneln zu ermöglichen. Danach versagen Beleuchtung und Belüftung, sodass Sperrungen erforderlich sind. In den folgenden Tagen werden Tunnel, bei denen es vertretbar erscheint, unter Anbringung besonderer Gefahrenhinweise oder unter Anwendung einer Blockabfertigung wieder freigegeben, um insbesondere den überregionalen Verkehrsfluss zu erleichtern.

**Branche LOGISTIK****Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:**

- Logistikzentren im Überflutungsbereich, die sowohl als Depot für Lkw als auch ganz konkret als Umschlagsplätze von Gütern dienen (z. B. an Binnen- und Seehäfen), fallen aus.
- Die Probleme im Schiffs-, Straßen- und Schienenverkehr wirken sich unmittelbar auf die Logistikunternehmen und den Transport von Waren, aus. Die Disponierung des Güterverkehrs über die Straße wird zunehmend erschwert, da die Nachfrage nach Lkw groß und die Verzögerungen durch Staus beträchtlich sind. Gleichzeitig ist das Güteraufkommen durch den Ausfall von Produktionsstätten und Betrieben im Überflutungsgebiet stark eingeschränkt. Dies führt zu Verzögerungen und Ausfälle von Güterströmen, mit teilweise erheblichen Auswirkungen.<sup>77</sup>

**Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:**

- Der Sturm verursacht Schäden an Einrichtungen der Logistikbranche sowie an Transportmitteln. Diese und die oben beschriebenen Auswirkungen der Sturmflut auf die Verkehrsträger führen zu erheblichen Beeinträchtigungen der Logistikbranche, auch noch in den Folgetagen nach dem Ereignis.
- Da der Schiffs-, Schienen-, Luft- und der Straßenverkehr zeitweise zum Erliegen kommen bzw. deutlich eingeschränkt sind, steht die Logistikbranche vor enormen Problemen.
- Auch in den vom Sturmereignis betroffenen europäischen Staaten kommt es in den Folgetagen nach dem Ereignis zu Einschränkungen in der Logistikbranche, da die vollständige Instandsetzung der Verkehrswege mehrere Tage bis Wochen andauert. Selbst wenn der Binnen- und Seeschiffverkehr wieder vollumfänglich funktionsfähig ist, entstehen infolge der

<sup>77</sup> Vgl. Anhang B.

Einschränkungen vor allem im Schienen- und Straßenverkehr Verzögerungen der Warenumschläge an den Binnen- und Seehäfen und somit Einschränkungen der Ein- und Ausfuhr von Waren.

- Der Ausfall der Informations-, Kommunikations- sowie der Datenverarbeitungssysteme verschärft die Situation für die in den Stromausfallgebieten angesiedelten Logistikunternehmen. So können z. B. Waren in Lagern nur bei funktionierenden IT-Systemen schnell lokalisiert und sicher weiterverfolgt werden.
- Auch die Belieferung der von Stromausfall betroffenen Gebiete ist schwierig, da die Bedarfe nur eingeschränkt kommuniziert werden können. Vielfach werden Kühlketten unterbrochen, mit entsprechend negativen Auswirkungen auf verderbliche Waren.
- Um die Versorgung mit unabdingbar notwendigen Gütern wie Lebensmitteln, Medizinprodukten, Arzneimitteln, Hygieneartikeln usw. sicherzustellen, wird der Transport anderer Güter, wo nötig, eingeschränkt.

## Sektor GESUNDHEIT

### Branche MEDIZINISCHE VERSORGUNG

#### Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:

- Von Überflutung betroffene Krankenhäuser, Arztpraxen, Altenheime usw. werden evakuiert bzw. stellen ihren Betrieb ein. Gleichzeitig müssen Personen, die bislang im Überflutungs- bzw. Stromausfallgebiet zu Hause gepflegt oder betreut wurden, evakuiert werden. Wo notwendig, werden Patienten, deren stationärer Aufenthalt verkürzt werden kann, entlassen, nicht lebensnotwendige Operationen werden verschoben. Dort, wo spezialisierte Krankenhäuser oder Abteilungen von überregionaler Bedeutung ausfallen (z. B. Verbrennungszentren oder Kompetenz- und Behandlungszentren zur Versorgung von hochkontagiösen und lebensbedrohlichen Erkrankungen), werden durch die Verlegung von Material und Fachkräften soweit möglich geeignete Ausweichmöglichkeiten in den nächstgelegenen, nicht betroffenen Gebieten geschaffen.
- Krankenhäuser und Altenheime in nicht betroffenen Gebieten können einen Teil der zu evakuierenden Patienten und Bewohner aufnehmen. Im Rahmen der Evakuierungsmaßnahmen kommt es aufgrund der Ausnahmesituation, insbesondere bei Menschen mit schweren, lebensbedrohlichen Erkrankungen zu Todesfällen und Verletzen. Diese Situation bringt für die Betroffenen und für die Einsatzkräfte eine hohe physische und psychische Belastung mit sich.
- Im Überflutungsgebiet ist infolge der eingeschränkten Verkehrswege und hohen Auslastung der Rettungskräfte nur ein stark reduzierter Rettungsdienst für nicht evakuierte Personen möglich (Verlängerung der Hilfsfristen).

#### Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:

- Das Gesundheitswesen ist durch die Erstversorgung der durch den Sturm Verletzten vor Ort und deren Behandlung in den Krankenhäusern gefordert. In besonders stark betroffenen Regionen sind die Notaufnahmen der Krankenhäuser aufgrund der Vielzahl an Verletzten überlastet.
- Aufgrund des Stromausfalls und der damit einhergehenden erschwerten Kommunikation (→ *Querverweis Telekommunikation*) wird die Koordinierung der medizinischen Versorgung erschwert.
- In den Stromausfallgebieten können die Krankenhäuser über ihre Notstromversorgung die lebenswichtigen Funktionen zunächst aufrechterhalten (Operationssäle, lebenserhaltende Komponenten – insbesondere auf der Intensivstation, Kühlsysteme, Patientenaufzüge, Notbeleuchtung usw.).<sup>78</sup> Der Betrieb wird aber stark heruntergefahren, d. h. neue Operationen werden während des Stromausfalls nicht begonnen. Notoperationen werden durchgeführt, sofern der medizinischen Notlage nicht auf anderem Wege abgeholfen oder der Eingriff aufgeschoben werden kann. Nicht notstromversorgt sind in der Regel unter anderem die Küche, die Verwaltung, der Großteil der EDV-Technik, die Warmwasserversorgung und spezielle Diagnosegeräte wie CT. Ausgelagerte Dienstleistungen, die nicht mehr durch das Krankenhaus selbst erbracht werden, sind ebenfalls nicht an eine Notstromversorgung angebunden (Wäscheaufbereitung, Besteckdesinfektion, usw.). Der Treibstoffvorrat der Notstromversorgung von Krankenhäusern reicht in der Regel für ein bis zwei Tage<sup>79</sup>, sodass ab die-

<sup>78</sup> Netzersatzanlagen können bei ungewohntem Dauerbetrieb trotz guter Wartung häufiger ausfallen als im Probebetrieb.

<sup>79</sup> Der „Leitfaden Krankenhausalarmplanung“ gibt die Empfehlung, wichtige Funktionsbereiche über eine automatisch innerhalb von 15 Sekunden einsetzende Ersatzstromversorgung für eine Dauer von mindestens 24 Stunden weiter betriebsfähig zu halten. Dazu gehören die Beleuchtung, lebenswichtige Untersuchungs- und Behandlungseinrichtungen, haustechnische Anlagen, sicherheitstechnische Einrichtungen sowie Kühlanlagen für medizinische Zwecke. Damit Geräte wie Herz-Lungen-Maschinen nicht ausfallen, ist aber eine unterbrechungsfreie Stromversorgung über Batterien notwendig. Bei einem Ausfall z. B. durch Blitzschlag gilt, dass im Hinblick auf medizinische Geräte, bei deren Ausfall sofortige Notfallkonzepte greifen müssen, vital gefährdete Patienten in Bereichen wie der Intensivstation besonders zu überwachen oder Beatmungspatienten manuell zu beatmen sind. Damit einher geht ein

sem Zeitpunkt die Versorgung mit Treibstoff eine der vordringlichen Aufgaben der Einsatzkräfte wird. Infolge des Stromausfalls kommt es auch zu Beeinträchtigungen der Wasserversorgung (→ *Querverweis Öffentliche Wasserversorgung*).

- Arztpraxen verfügen in der Regel nicht über Notstromversorgung (einige wenige Ärztezentren stellen Ausnahmen dar). In den Stromausfallgebieten kann nur eine Grundversorgung durch niedergelassene Ärzte aufrechterhalten werden, Behandlungen und Untersuchungen, die auf strombetriebene Geräte angewiesen sind, sind nicht mehr möglich. Auch dort, wo eine Notstromversorgung vorhanden ist, fällt diese nach wenigen Stunden aus, da die Treibstoffvorräte aufgebraucht sind. Eine kontinuierliche Nachlieferung von Treibstoff ist nicht möglich, da die Versorgung der Krankenhäuser im Vordergrund steht, in denen überlebenswichtige Behandlungen und Untersuchungen vorgenommen werden.
- Ein Teil der Alten- und Pflegeheime verfügt ebenfalls über Notstromversorgung, mit denen ein Grundbetrieb aufrechterhalten werden kann, wobei ähnliche Einschränkungen wie im Bereich der Krankenhäuser bestehen (z. B. durch Beeinträchtigung der Wasserversorgung → *Querverweis Öffentliche Wasserversorgung*).
- Besonders gefährdete Patienten oder Bewohner betroffener Krankenhäuser und Heime, die über keine bzw. keine ausreichende Notstromversorgung verfügen bzw. deren Notstromversorgung nicht kontinuierlich gewährleistet werden kann, müssen evakuiert werden. Dazu zählen z. B. Personen, die auf medizinische Geräte angewiesen sind oder für die niedrige Innenraumtemperaturen (z. B. bei Ausfall der Heizung) gesundheitsgefährdend wären.<sup>80</sup> Gleichzeitig muss sichergestellt werden, dass weiterhin Dialysen durchgeführt werden können, was die Versorgung von Dialysezentren mit Notstrom, die Einrichtung von zentralen Dialysezellen in Krankenhäusern, den vorrangigen Transport von Dialyseflüssigkeit und/oder die Evakuierung der Einrichtung notwendig macht. Auch auf Dialysezentren in nicht betroffenen Gebieten muss ausgewichen werden. Auch Patienten, die zu Hause im Überflutungs- bzw. Stromausfallgebiet auf strombetriebene Geräte angewiesen sind (z. B. Beatmungsgeräte), müssen evakuiert werden. Bei der Evakuierung stellen teils lange An- und Abfahrtswege die Rettungskräfte vor besondere Schwierigkeiten.
- Insgesamt kommt es in den von Stromausfall betroffenen Gebieten trotz einer zielgerichteten Bewältigung der Lage im Rahmen der verfügbaren Möglichkeiten zu einer gravierenden Verschlechterung der Qualität der medizinischen Versorgung in allen Bereichen.

#### Branche ARZNEIMITTEL UND IMPFSTOFFE

##### Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:

- Im Überflutungsgebiet gelegene pharmazeutische Produktionsstätten müssen ihren Betrieb einstellen. Dort, wo Betriebe mit Schlüsselfunktion für die Produktion bestimmter Medikamente und/oder Grundstoffen betroffen sind, ist eine ersatzweise Beschaffung über andere Hersteller im In- und Ausland ggf. nicht möglich.
- Apotheken verfügen nur über begrenzte Lagervorhaltungen, so dass in den betroffenen Regionen vorübergehende Versorgungsengpässe auftreten.<sup>81</sup>

##### Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:

- In den Stromausfallgebieten kommt es in Produktions- und Lagerstätten in vielen Fällen sofort zu erheblichen Einschränkungen und Ausfällen. Auch in Betrieben, die über Notstromkapazitäten verfügen, ist dies aufgrund der Treibstoffknappheit nach kurzer Zeit der Fall. Die Produktion und Weiterverarbeitung von Arzneimitteln/Arzneimittelgrundstoffen ruht, die EDV-gestützte Verwaltung der Lagerbestände und des Versands fällt aus. Hiervon sind auch Blutkonserven und verwandte Produkte betroffen. Temperaturempfindliche Produkte verderben.
- Die Apotheken der Krankenhäuser, in denen Medikamente sowohl hergestellt als auch verwaltet und ausgegeben werden, sind nicht zwangsläufig an die Notstromversorgung angeschlossen. Auch hier werden viele Vorgänge durch den Stromausfall erschwert oder unmöglich.
- Die bestehenden Einschränkungen in der Logistikbranche und die erschwerte Kommunikation und Abstimmung zwischen den beteiligten Stellen (Hersteller, Großhandel, Lager, Transportunternehmen, Krankenhäuser, Alten- und Pflegeheime,

erhöhter Personal- und Materialbedarf (Beatmungsbeutel). Selbst bei Berücksichtigung dieser Empfehlungen wären die meisten Krankenhäuser also nach ein bis zwei Tagen kaum noch handlungsfähig, sofern keine Hilfe von außen kommt.

<sup>80</sup> Dieser Personenkreis ist den Behörden, also z.B. auch der Einsatzleitstelle nicht bekannt, da es hier aus datenschutzrechtlichen Gründen keine Meldeverfahren gibt. Die Identifikation dieses Personenkreises stellt nach derzeitiger Sachlage ein weitgehend ungelöstes Problem dar, insbesondere, da von einer enormen Zahl der betroffenen Personen auszugehen ist.

<sup>81</sup> Krankenhausapotheken müssen nach Apothekenbetriebsordnung Arzneimittel und Medizinprodukte in einer Menge bevorraten, die mindestens dem durchschnittlichen Bedarf für zwei Wochen entspricht. In öffentlichen Apotheken reicht der durchschnittliche Bedarf für eine Woche ergänzt durch explizit vorzuhaltende Medikamente wie z. B. Schmerzmittel oder Tetanusimpfstoff. Aufgrund der Just-In-Time-Belieferung der Apotheken kann es dennoch zu Engpässen kommen. Unklar ist auch, ob die Bevorratung dem Gesetz entsprechend gehandhabt wird.

Apotheken, Arztpraxen usw.) machen die Versorgung der Menschen mit Arzneimitteln und Medizinprodukten in den Stromausfallgebieten sehr schwierig.

- Auch über die von Stromausfall betroffenen Gebiete hinaus sind Auswirkungen spürbar, da einige nicht betroffene Gebiete normalerweise aus den betroffenen Gebieten heraus versorgt werden. Ausfälle bei der Produktion lassen sich durch ein Hochfahren (ggf. unter Priorisierungen) der Produktion an nicht betroffenen Standorten und den Import zwar kompensieren, die Verteilung der Medikamente kann jedoch nicht bedarfsgerecht erfolgen. Eine Belieferung einzelner Apotheken ist unter diesen Umständen nur bedingt sinnvoll. Daher werden zentrale Ausgabestellen (z. B. an Krankenhäusern) eingerichtet, um spezielle Medikamente zu verteilen, während Apotheken nur noch mit besonders häufig verschriebenen Medikamenten versorgt werden.

#### **Branche LABORE**

##### **Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:**

- Vgl. „Arzneimittel“. Labore in den überfluteten Gebieten müssen ihren Dienst einstellen.<sup>82</sup>

##### **Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:**

- Labore in den Stromausfallgebieten können sämtliche stromgebundene Untersuchungen nicht mehr durchführen, sofern sie nicht notstromgepuffert sind. Andernfalls sind lediglich Untersuchungen mit einfachen Tageslicht- bzw. batteriebetriebenen Mikroskopen oder solche, die auf visuell erkennbaren chemischen Reaktionen basieren, möglich. Mit der Durchführung unabdingbarer Untersuchungen müssen daher Labore in nicht betroffenen Gebieten beauftragt werden. Dies ist aufgrund der Einschränkungen bei Kommunikation und Logistik mit Verzögerungen verbunden. Darüber hinaus führt der Ausfall von Klimaanlage, Kühlschränken usw. zum Verlust temperaturempfindlicher Proben.
- In Laboren ab Biosafety-Level 3 ist die Einrichtung einer Notstromversorgung und in Laboren ab Biosafety-Level 4 einer unterbrechungsfreien Notstromversorgung vorgeschrieben.<sup>83</sup> Hierzu gehören im Stromausfallgebiet auch Labore, die über Spezialdiagnostikmöglichkeiten verfügen.

### **Sektor WASSER**

#### **Branche ÖFFENTLICHE WASSERVERSORGUNG**

##### **Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:**

- Die leitungsgebundene Trinkwasserversorgung ist aus folgenden Gründen in den überfluteten Gebieten und z. T. auch darüber hinaus beeinträchtigt und muss mitunter sogar eingestellt werden:
  - Physische Beschädigung der Wasserversorgungsinfrastruktur (z. B. Wasserwerke, Pumpwerke, Versorgungsleitungen) auf Inseln und Halligen sowie in Küstennähe
  - Salzeintrag in Grund- und Oberflächenwasser und eine damit verbundene Versalzung der zur Wasserversorgung benötigten Rohwasserressourcen; aufgrund der meist langsamen Transportprozesse im Grundwasser kann dies eine längerfristige Beeinträchtigung der Rohwasserressourcen zur Folge haben, insbesondere bei Wasserversorgungen ohne oder mit nur einfacher Aufbereitung
  - Hygienische Beeinträchtigung der Rohwasserqualität durch freigesetzte Schadstoffe aufgrund einer Überflutung von Fabriken, Betrieben oder Werkstätten sowie des Eintrags von Krankheitserregern (z. B. aus Abwasserbehandlungsanlagen)
- Dort, wo die leitungsgebundene Wasserversorgung ausfällt, kann ein Teil des Wasserbedarfs (Trink-, Brauch-, Spülwasser) über eine leitungsungebundene Versorgung (z. B. durch THW<sup>84</sup>) kompensiert werden.

<sup>82</sup> Je nach Betätigungsfeld des Labors können hierdurch zusätzliche Gefahren für die Bevölkerung und Umwelt entstehen.

<sup>83</sup> Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) (<http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Biologische-Arbeitsstoffe/TRBA/TRBA-100.html>)

<sup>84</sup> Das THW verfügt über 10 Trinkwasseraufbereitungsanlagen mit einer Leistung von je 15.000 l/Std. Diese Anlagen sind im gesamten Bundesgebiet verteilt und können punktuell zusammengezogen werden. (vgl. Grundlagenkonzept Trinkwasser Inland des Technischen Hilfswerk, unveröffentlicht).

**Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:**

- In den Stromausfallgebieten fallen die Förderpumpen zur Rohwassergewinnung und die Pumpen, die den für die Verteilung des Wassers notwendigen Druck im Leitungsnetz erzeugen, sofort aus, sofern sie nicht über eine stationäre Notstromversorgung verfügen. Der Wasserdruck bleibt dort, wo (ausreichend gefüllte) Wasserspeicher mit einer geodätischen Höhendifferenz (z. B. Hochbehälter) vorhanden sind, lediglich für ein bis zwei Tage ausreichend hoch.
- Der Notstromversorgung der zentralen Komponenten der Wasserversorgung wird, neben der Versorgung der medizinischen Einrichtungen, oberste Priorität eingeräumt. Dies umfasst den Anschluss von Notstromaggregaten (auch im Wechsel) an die Pumpen, die über keine stationäre Notstromversorgung verfügen, und die kontinuierliche Nachlieferung von Treibstoff.<sup>85</sup>
- Dort, wo Notstromaggregate eingesetzt werden können, wird der Betrieb der Wasserförderung, Wasseraufbereitung und Verteilung mit einer geringeren Leistung aufrechterhalten. Der Ausfall der Mess-, Steuer-, und Regeltechnik wird weitestgehend durch manuelle Steuerung und Improvisation kompensiert. Hierdurch kann eine Versorgung auf niedrigerem Niveau aufrechterhalten werden.
- Die Wasserqualität verringert sich dort, wo der Aufbereitungsprozess nur eingeschränkt durchgeführt werden kann. Auch kann die Wasserqualität im Rohrleitungssystem aufgrund des zu geringen Drucks durch Wasserrücklauf und Druckstöße verringert werden. In mehrstöckigen Gebäuden führen der niedrigere Druck im Rohrleitungssystem und der Ausfall hausinterner Pumpsysteme dazu, dass höher gelegene Stockwerke nicht mehr mit Wasser versorgt werden können. Warmes Wasser steht während des Stromausfalls, wenn überhaupt, nur in geringer Menge zur Verfügung (durch Erwärmung auf Gaskocher o.ä.).
- Industrie und Gewerbe entnehmen aufgrund des eingeschränkten oder gänzlich ruhenden Betriebs kaum noch Wasser.
- Dort, wo die Wasserversorgung nicht aufrechterhalten werden kann, wird die Bevölkerung über eine Ersatzwasserversorgung (z. B. über mobile Versorgungsleitungen, transportable Wasserbehälter, Lebensmitteltransportfahrzeuge) oder, sofern vorhanden, über netzunabhängige Notbrunnen versorgt. Wo dies nicht möglich ist, müssen Bewohner evakuiert werden, auch vor dem Hintergrund von Hygieneproblemen, die sich durch den Ausfall der Toilettenspülung ergeben.

**Branche ÖFFENTLICHE ABWASSERBESEITIGUNG****Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:**

- In den überfluteten Gebieten verursacht die hydraulische Überlastung des Kanalsystems
  - eine Überflutung von Straßen, Grundstücken und Tiefpunkten
  - eine Überflutung von Kellern und Tiefgaragen bei Versagen der Rückstausicherungen
  - einen sehr hohen Fremdwassereintrag in Schmutzwasserleitungen.
- Zudem erfolgt durch die Überlastung des Kanalsystems eine Ablagerung von Fremdstoffen in Kanalbauwerke wie Regenwasserbecken sowie Schäden an der Bausubstanz von Kanälen, Schächten, Hausanschlüssen und Sonderbauwerken, meist verbunden mit Straßenschäden.
- Durch die Beschädigung der Abwasserinfrastruktur (insbesondere Kanalnetz), kann die Abwasserbeseitigung nicht überall aufrechterhalten werden.
- Die Überflutung von Kläranlagen im unmittelbaren Einflussbereich der Sturmflut verursacht ein Entweichen von nicht behandeltem Abwasser in die Umgebung. Menschen, die mit diesem Wasser in Kontakt kommen, können erkranken. Rohwasserressourcen zur Trinkwassergewinnung sind gefährdet.
- Dort, wo die Trinkwasserversorgung eingestellt werden muss, wird auch der Abwassertransport beeinträchtigt. Insbesondere der Transport von Fäkalien aus dem häuslichen Abwasser stellt bei Unterbrechung der Trinkwasserversorgung ein ernstes Problem dar. Im Kanalnetz selbst erfolgt der Abwassertransport zunächst noch durch den großen Anteil von Fremdwasser.

<sup>85</sup> Aufgrund der großen strukturellen Heterogenität in der Wasserversorgung ist nicht quantifizierbar, wie viele von den mehr als 6.000 Unternehmen entsprechende Vorkehrungen zur stationären oder mobilen Notstromversorgung getroffen haben. Es ist jedoch bekannt, dass viele der großen Wasserversorgungsunternehmen entweder über stationäre Notstromaggregate oder über entsprechende mobile Anlagen verfügen. Welches Leistungsniveau erreicht werden kann, hängt u. a. von der zur Verfügung stehenden Notstromkapazität ab. Ein Notbetrieb von etwa 30 bis 60 % ist laut Expertenmeinung realisierbar (vgl. TAB-Bericht Kapitel 2.3.3.1).

- Der Ausfall einiger Pump- und Hebewerke (aufgrund von Überlastung/Beschädigung oder Stromausfall) führt dazu, dass abschnittsweise der Abtransport des Abwassers ausfällt.

**Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:**

- In den Stromausfallgebieten geht die Menge des eingeleiteten Abwassers stark zurück. Grund dafür ist die allgemein geringere Verfügbarkeit von Leitungswasser, sowie das annähernd vollständige Ausbleiben von Einleitungen aus Industrie und Gewerbe. Dies führt zu einer hohen Schmutzkonzentration und zu einer langsamen Fließgeschwindigkeit innerhalb der Abwasserrohre. Temporär wird das Abwasser durch Regen verdünnt.
- Hebewerke fallen aus, was lokale Stauungen verursacht, die extern abgepumpt oder durch kurzzeitigen Betrieb über Notstromaggregate (sofern vorhanden, da vorrangig andernorts benötigt) weitergepumpt werden müssen. Örtlich kommt es zu einem Rückstau der Abwässer in Gebäuden, was zu hygienischen Belastungen führt.
- Nicht alle Kläranlagen können weiter betrieben werden. Anlagen, die über stationäre Notstromaggregate oder ein eigenes Blockheizkraftwerk verfügen, das im Inselbetrieb betrieben werden kann, können ihre Funktion aufrechterhalten, solange ausreichend Treibstoff zur Verfügung steht. Ein weiterer Teil der Kläranlagen kann durch die Verbrennung des Faulgases Strom erzeugen.
- Da die Abwasserleitungen in der Regel Freispigelleitungen (im freien Gefälle) sind, kann das Abwasser an den Kläranlagen vorbei in den Vorfluter (Gewässer) geleitet werden. Dort kommt es zu einer Belastung der Gewässer.

**Sektor ERNÄHRUNG****Branche ERNÄHRUNGSWIRTSCHAFT****Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:**

- Produktionsstätten im Überflutungsgebiet müssen ihren Betrieb einstellen.
- Im Bereich der Lebensmittelproduktion besteht eine besonders starke Abhängigkeit von der Verfügbarkeit von Verkehrs- und Kommunikationsdienstleistungen. Damit kommt der Logistik eine besondere Bedeutung zu. Da auch in der Ernährungs- und Futtermittelwirtschaft vielfach bedarfsorientierte („just-in-time“) Produktion angewendet wird, ist sie in besonderem Maße auf ein funktionierendes Verkehrs- und Logistiknetz angewiesen. Gerade der Transport von verderblichen Lebensmitteln zum Verkauf oder zur Weiterverarbeitung, aber auch der Transport von länger haltbaren Lebensmitteln ist punktgenau getaktet, wobei oft lange Strecken zurückgelegt werden müssen. Zeigt sich, dass die Unterbrechungen im Betriebsablauf zu groß werden, müssen Transportpriorisierungen vorgenommen werden.
- Auf die Versorgung der Bevölkerung mit einzelnen Produkten hat das Ereignis indes bundesweit spürbare Auswirkungen.

**Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:**

- Der Sturm verursacht Schäden an Stallungen, Lagereinrichtungen wie Silos, landwirtschaftlichen Fahrzeugen und Maschinen sowie Gewächshausanlagen. Zerstörung und Schäden an Stallanlagen und -technik führen zur Tötung, Verletzung und schweren/tödlichen Erkrankung von Nutztieren. Da auch die viehstärksten Regionen Deutschlands vom Stromausfall betroffen sind, sind Auswirkungen auf die Tierhaltung extrem. Insgesamt steht ein Viertel des bundesdeutschen Nutztierbestandes in den Stromausfallgebieten, dies entspricht ca. 3,3 Mio. Großvieheinheiten (GVE). In absoluten Tierzahlen sind dies ca. 11 Mio. Rinder und Schweine sowie ca. 40 Mio. Stück Geflügel.
- Akut gefährdet sind technikintensive und technikabhängige Milchkuh-, Geflügel- und Schweinehaltungen. In den Stromausfallgebieten reichen die in der Landwirtschaft vorhandenen Notstromversorgungskapazitäten nicht, um die für die Gesundheit und das Überleben der Tiere unverzichtbaren Versorgungsleistungen wie Klimatisierung, automatische Verteilung von Futter und Wasser und insbesondere den Betrieb der Melkstände aufrecht zu erhalten (Notstromaggregate sind nicht vorhanden bzw. Treibstoffversorgung ist nicht auf längere Ausfallzeiten ausgelegt).<sup>86</sup> Nur ein Teil dieser Prozesse kann ersatzweise manuell durchgeführt werden. Zudem ist die öffentliche Wasserversorgung eingeschränkt und die Wasserverteilung innerhalb der Betriebe fällt vielfach aus, da ihre Steuerung auf Strom angewiesen ist. Auch Mischfutterlieferungen fallen aus. Viele Tiere sterben an Stress, Krankheit, Verletzungen oder Unterversorgung bzw. müssen auf Weisung der Veterinärbehörden getötet werden.<sup>87</sup> Aus Gründen der (Tier-) Seuchenprävention müssten die Kadaver zeitnah

<sup>86</sup> Ergebnis einer Umfrage des bayerischen Landwirtschaftsministeriums bei Tierhaltungsbetrieben 2011: 70 % der Betriebe verfügen über kein Notstromaggregat.

<sup>87</sup> Ein Beispiel zur Verdeutlichung der Dimensionen: In den Stromausfallgebieten stehen u. a. über 720.000 Milchkühe in 15.450 Betrieben, die mindestens einmal täglich (Notfallbetrieb), in der Regel zwei bis dreimal täglich gemolken werden müssen. Selbst die Aufrechterhaltung des Notfallbetriebs ist unter gegebenen Rahmenbedingungen nicht zu erreichen, so dass ein großer Teil des Bestandes gekeult werden muss, um Euterplatzen und qualvollem Verenden der Tiere zuvorkommen.

abtransportiert und den Tierkörperbeseitigungsanstalten (TKBA) zugeführt werden. Dies ist aber mit den noch verfügbaren Kapazitäten (Transportorganisation, TKBA-Leistung) nicht mehr zu gewährleisten. Soweit möglich werden die Kadaver behelfsmäßig entsorgt (Vergraben in ausreichender Tiefe, Kalken). Mit den unzureichenden Entsorgungsmöglichkeiten steigt das Ausbreitungsrisiko von (Tier-)Seuchen.

- Die Bedeutung der vom Stromausfall betroffenen Regionen für die nationalen und internationalen Märkte für Lebensmittel tierischen Ursprungs verdeutlichen die folgenden Größenordnungen. Unter Normalbedingungen haben die Regionen folgende Anteile an der Erzeugung in Deutschland: Milch 27 %, Schweinefleisch ca. 30 %, Geflügelfleisch und Eierzeugung 40 bis über 50 %. Kurz- und mittelfristig sind daher deutliche Engpässe in der Marktversorgung zu erwarten.
- Lebens- und futtermittelbe- und verarbeitende Betriebe verfügen nur in geringem Umfang (ca. 10 % der Betriebe) über Notstromaggregate bzw. eine andere Form der netzunabhängigen Stromversorgung.<sup>88</sup> Die vorhandenen Kapazitäten reichen in der Regel nur für den Notbetrieb, z. B. für das geregelte Herunterfahren der IT-gestützten Prozesse, die Sicherung von Datenbeständen, ggf. das Ausschleichen der Produkte aus der Produktionsstrecke. Außerdem ist auf Grund der hohen Leistungsaufnahme bzw. des hohen Strombedarfs von Produktionsanlagen die Aufrechterhaltung des Betriebs über Netzersatzanlagen nicht zu realisieren.<sup>89</sup>
- Die Mischfutterherstellung in den Stromausfallgebieten fällt aus, dies entspricht gut einem Viertel der bundesweiten Produktionsleistung. Durch den Produktionsausfall ist auch die Mischfuttermittelversorgung in anderen Regionen gefährdet. Die Be- und Verarbeitung von Lebens- und Futtermitteln kommt damit in den Stromausfallgebieten sofort zum Erliegen. Durch Sturmschäden an Produktionsanlagen, Lagern usw. sowie o. g. Belieferungsstörungen auf Grund bundesweit verteilter Infrastrukturausfälle ist auch die Produktion außerhalb der Stromausfallgebiete erheblich beeinträchtigt.
- Ackerkulturen sind mangels Aufwuchs nicht betroffen. Auch Dauerkulturen (Obst- und Rebanlagen) sind zu dieser Jahreszeit kaum gefährdet.
- Für staatliche/behördliche Maßnahmen zur Sicherung der Lebensmittelversorgung in den betroffenen Gebieten sowie den Erhalt des Tierbestandes bestehen u.a. folgende Möglichkeiten:
  - Prioritäre Treibstoffversorgung für Lebens- und Futtermitteltransporte
  - Organisation zeitweiser Notstromversorgung der Melkstände
  - Erteilung von Sondergenehmigungen (z. B. Verlängerung von Lenkzeiten für LKW-Fahrer)

#### **Branche LEBENSMITTELHANDEL**

##### **Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:**

- Der Lebensmittelhandel im Überflutungsgebiet wird eingestellt. Stellenweise müssen Zentralstellen für die Notversorgung eingerichtet werden, teilweise müssen Einsatzkräfte Personen direkt in ihren Wohnhäusern versorgen.

##### **Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:**

- Lagergebäude, Lebensmittelgeschäfte und Transportfahrzeuge werden durch den Sturm beschädigt. Lieferverzögerungen werden z. T. durch diese direkten Schäden verursacht.
- Etwa die Hälfte der Lagerhaltungs- und Großhandelsbetriebe sowie Logistikzentren des Lebensmitteleinzelhandels (LEH) verfügt über bedingte Redundanzen zur Auslagerung von Ware bei Ausfall der externen Stromversorgung. Nach Aussagen von Logistikern des LEH kann ein eingeschränkter Betrieb einige Stunden bis Tage aufrechterhalten werden (limitierende Faktoren sind die Funktionsfähigkeit der IT-gestützten Lagerverwaltungssysteme und die Möglichkeit zum Nachladen der Batterien der Flurförderfahrzeuge). Der Ausfall einzelner Lagerstandorte kann z. T. über andere Standorte ausgeglichen werden.<sup>90</sup>
- In den Märkten des LEH ist die Stromversorgung von Notbeleuchtung und Kassensystemen in der Regel über Batterien gepuffert, deren Leistung aber nur auf den kurzzeitigen Betrieb ausgelegt ist. Der Betrieb der Kühl- und Gefrieranlagen ist in der Regel nicht abgesichert. Der Großteil der Märkte in den Stromausfallgebieten schließt.<sup>91</sup> Partiiell wird stundenweise

<sup>88</sup> BLE: Zentrale Auswertung der Erhebung nach Ernährungswirtschaftsmeldeverordnung, Erhebung 2007.

<sup>89</sup> Einheitliche Aussage von Betriebsleitern unterschiedlicher Produktionszweige.

<sup>90</sup> Vgl. Platz, U.: Vulnerabilität von Logistikstrukturen im Lebensmittelhandel. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 512.

<sup>91</sup> Vgl. Gizewski, V.-T. et al.: Schutz Kritischer Infrastrukturen. Studie zur Versorgungssicherheit mit Lebensmitteln. Wissenschaftsforum Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, Band 9.

ein provisorischer Betrieb in einzelnen Märkten<sup>92</sup> oder eine andere provisorische Lösung (z. B. Abverkauf aus LKW) eingerichtet.<sup>93</sup>

- In den Stromausfallgebieten leben mehr als 6 Mio. Menschen, deren Versorgung mit Lebensmitteln über übliche Bezugswege in Teilen zusammenbricht. Ausweichmöglichkeiten (Verlassen der Schadensgebiete, Einkaufen in nicht vom Stromausfall betroffenen Gebieten, Versorgung über Verwandte/Bekannte) bestehen auf Grund der umfassenden Schadens-/Gefährdungslage nur begrenzt. Dies gilt insbesondere für das großräumige Schadensgebiet im Nordwesten Deutschlands. Die Menschen müssen auf Haushaltsvorräte zurückgreifen, die im besten Fall für drei bis fünf Tage reichen. Allerdings muss davon ausgegangen werden, dass in vielen Haushalten keine oder kaum geeignete Lebensmittel zur Selbstversorgung bevorratet werden. Die Zubereitung (Erwärmen, Erhitzen von Speisen und Trinkwasser) ist nur in vereinzelt Haushalten möglich. Dort, wo Wasser- und Stromversorgung ausfallen, wird die Einhaltung der erforderlichen Küchenhygiene zusätzlich erschwert (noch nach einer Woche sind bundesweit ca. 3 Mio. Personen von Stromausfall betroffen).
- Bei Ausfall von Kühl- und Gefrieranlagen im Handel als Folge der unterbrochenen Stromversorgung müssen die Einzelhandelsunternehmen die gekühlten Lebensmittel sofort mit Preisabschlag an die Verbraucher verkaufen. Die Abgabe von Kühlerzeugnissen, die keiner weiteren Zubereitung bedürfen sowie anderer verzehrfertiger Lebensmittel aus dem Regalbestand tragen zur Erstversorgung der Verbraucher im Schadensgebiet bei.
- Vom Stromausfall sind u.a. ca. 32.000 Patienten in Krankenhäusern und ca. 390.000 Pflegebedürftige/Personen in häuslicher Pflege betroffen,<sup>94</sup> die geringe Selbsthilfefähigkeit haben und z. T. auf spezielle Diätkost angewiesen sind. Bei Ausfall der Strom- und Wasserversorgung wird auch die Versorgung der ca. 63.000 Säuglinge und Kleinkinder im Alter von unter einem Jahr innerhalb kurzer Zeit problematisch.<sup>95</sup> Unzureichende Ernährung und Hygiene in Verbindung mit Dehydrierung und Kälte führen zu erhöhten Erkrankungsraten insbesondere bei gesundheitlich geschwächten Menschen (→ *Querverweis Gesundheit*).
- Auch in den nicht vom Stromausfall betroffenen Gebieten ist mit deutlichen Einschränkungen in der Versorgungslage mit Lebensmitteln zu rechnen, da bundesweit verteilte lokale und regionale Ausfälle und Störungen von Infrastrukturen (Stromversorgung, Wasserversorgung, Verkehrswege (insbesondere Schienen- und Straßenverkehr), Informations- und Kommunikationstechnik, usw.) sich verketteten und zu Produktions- und Lieferausfällen bei Rohstoffen, Halbfertigerzeugnissen, Verpackungsmaterialien, Lebensmitteln usw. führen. Eine Milderung von Versorgungsengpässen durch direkten Import von Gütern ist nur eingeschränkt möglich, da die Logistikbranchen und Verkehrsinfrastrukturen in den Nachbarländern ebenfalls vom Sturmereignis und von Stromausfällen betroffen sind (→ *Querverweis Transport und Verkehr*). Durch die Aufnahme von Evakuierten und die Notwendigkeit zur Versorgung der in den Stromausfallgebieten verbleibenden Bevölkerung wird die Lebensmittelversorgung auch in den nicht vom Stromausfall betroffenen Regionen zusätzlich belastet.

#### **Zur Versorgung in den Stromausfallgebieten:**

- Zur provisorischen Versorgung der Bevölkerung mit Lebensmitteln werden in den Stromausfallgebieten zentrale Verteilungsstellen eingerichtet und ausgewählte Märkte mit Treibstoff zum Betrieb der Notstromaggregate beliefert, soweit Aggregate vorhanden sind bzw. bereitgestellt werden können (s. konkurrierende Bedarfsanforderungen an Notstromversorgung anderer Sektoren/Branchen und Prioritätensetzung). Aufgrund der nur noch rudimentär möglichen Kommunikation und Informationsweitergabe muss die Belieferung der Zielgebiete oftmals „blind“ erfolgen, und es kommt zu Ausfällen und Lieferverzögerungen und damit zu einer weiteren Verunsicherung der Bevölkerung. Darüber hinaus ist die Auswahl an verfügbaren Lebensmitteln beschränkt und muss dem weitgehenden Ausfall an Zubereitungsmöglichkeiten angepasst werden, d. h. vorrangig Belieferung mit verzehrfertigen Lebensmitteln. Die Beschaffung entsprechender Lebensmittel und die Umdisponierung der Lieferungen stellen den Lebensmittelhandel zwar vor erhebliche logistische und finanzielle Probleme, die Logistikketten werden allerdings so schnell wie die Straßenverhältnisse es erlauben wieder in Betrieb genommen werden (Lebensmitteltransporte in die Stromausfallgebiete durch LEH).
- Für staatliche/behördliche Maßnahmen zur Sicherung der Lebensmittelversorgung in den betroffenen Gebieten bestehen u.a. folgende Möglichkeiten:
  - Prioritäre Treibstoffversorgung für Lebensmitteltransporte
  - Erteilung von Sondergenehmigungen (z. B. Verlängerung von Lenkzeiten für LKW-Fahrer, Betrieb behelfswesiger Le-

<sup>92</sup> Siehe Stromausfall Münsterland 2005.

<sup>93</sup> Nach Aussagen von Branchenexperten ist die Refinanzierung der abgegebenen/verkauften Waren ein entscheidender Aspekt. Die Bargeldversorgung der Bevölkerung in den Stromausfallgebieten muss gewährleistet sein oder die Warenausgabe durch den LEH in anderer Form finanziell abgesichert werden, z. B. durch staatliche Bürgschaften.

<sup>94</sup> Abschätzung auf folgender Grundlage: Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg.): Demographischer Wandel in Deutschland Heft 2. Auswirkungen auf Krankenhausbehandlungen und Pflegebedürftige im Bund und in den Ländern.

<sup>95</sup> Abschätzung nach Bevölkerungsdaten Statistisches Bundesamt Stand 31.12.2011. Bei der Zubereitung der Säuglingsnahrung muss die Hygiene unbedingt gewährleistet sein (Wasser in Trinkwasserqualität, ausreichendes Erhitzen des Wassers zur Zubereitung der Säuglingsnahrung, sowie Reinigung der Flaschen und Sauger).

bensmittelverkaufs-/abgabestellen, Aufhebung der Regelungen über Ladenöffnungszeiten)

- Lockerung lebensmittelrechtlicher Bestimmungen (z. B. Entbindung der Haftung von Lebensmittelunternehmen bei Abgabe von Lebensmitteln z. B. bei unterbrochener Kühlkette)
- Einrichtung von staatlich finanzierten Sammelverpflegungsstellen (Ausgabe warmer Mahlzeiten)
- Kostenfreie Abgabe von Lebensmitteln durch den LEH im Fall gestörter Bargeldversorgung, Gegenfinanzierung durch Bund und Länder
- Kontinuierliche Information der Bevölkerung über getroffene Maßnahmen (Lautsprecherwagen, Flugblätter) und Versorgungsmöglichkeiten.

## Sektor FINANZ- UND VERSICHERUNGSWESEN

### Branche BANKEN

#### Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:

In den Überflutungsgebieten Niederlassungen werden vorübergehend geschlossen

#### Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:

- Viele größere Bankfilialen verfügen über eine leistungsfähige Notstromversorgung, die über Treibstoff für einen mehrtägigen Betrieb verfügt. Kleinere Bankfilialen verfügen in der Regel über weniger ausdauernde Notstromversorgung, so dass nicht nur Buchungsvorgänge, sondern auch Auszahlungen eingestellt werden müssen, sobald die (Not-) Stromversorgung unterbrochen ist, da in der Regel der direkte Zugriff auf die Bargeldbestände durch zeitschlossgesicherte Geldbestände ersetzt wurde.
- Die der Abwicklung des Zahlungsverkehrs dienende Kommunikation zwischen Bankfilialen, Hauptniederlassungen, Rechenzentren usw. erfolgt über notstromgepufferte Glasfaserkabel, die auch über mehrere Tage betrieben werden können. Allerdings können Kunden schon nach kurzer Zeit nur noch persönlich Zahlungen anweisen, da das Internet ausfällt.
- Große und mittelgroße Banken können, sofern sie über eine entsprechende Notstromversorgung verfügen und die Lieferung von Treibstoff gesichert ist, über mehrere Tage einen Grundbetrieb an den Schaltern aufrechterhalten, über den auch die Versorgung der Bevölkerung mit Bargeld gewährleistet wird. Geldautomaten außerhalb der Filialen und solche, die nicht an den Notstrom ihrer Filiale angebunden sind, funktionieren allerdings nicht mehr. Im weiteren Verlauf wird die Bargeldversorgung schwieriger, durch die Zusammenarbeit zwischen Bundesbank, Bankunternehmen, privaten Geldtransportunternehmen und Polizei kann allerdings eine Grundversorgung sichergestellt werden.

### Branche BÖRSEN

#### Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:

*Keine bundesrelevanten Auswirkungen.*

#### Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:

*Keine bundesrelevanten Auswirkungen.*

### Branche VERSICHERUNGEN

#### Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:

- In den Überflutungsgebieten Niederlassungen werden vorübergehend geschlossen.

#### Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:

- Niederlassungen der Versicherungen verfügen in der Regel über keine Notstromversorgung und stellen ihren Betrieb sofort ein, da EDV-Systeme nicht weiter betrieben werden können und wenig später zusätzlich keine Telekommunikati-

onsdienstleistungen mehr zur Verfügung stehen. Vertragsabschlüsse, Schadensregulierungen und Beratungen sind erst mit Wiederherstellung der Stromversorgung wieder möglich.<sup>96</sup>

#### **Branche FINANZDIENSTLEISTER**

##### **Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:**

- Niederlassungen von Finanzdienstleistern in den Überflutungsgebieten werden vorübergehend geschlossen.

##### **Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:**

- Niederlassungen der Finanzdienstleister in den Stromausfallgebieten verfügen in der Regel über keine Notstromversorgung und stellen ihren Betrieb sofort ein, da EDV-Systeme nicht weiter betrieben werden können und wenig später zusätzlich keine Telekommunikationsdienstleistungen mehr zur Verfügung stehen. Dies hat indes keine bundesrelevanten Auswirkungen auf die Branche.
- (keine bundesrelevanten Auswirkungen)

### **Sektor STAAT UND VERWALTUNG**

#### **Branche REGIERUNG UND VERWALTUNG**

##### **Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:**

- Im Überflutungsbereich liegen eine Vielzahl von föderalen und kommunalen Regierungseinrichtungen und Verwaltungsbehörden, z. T. mit originärer Zuständigkeit im Bereich Krisenmanagement sowie der polizeilichen und nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr. Dies betrifft insbesondere kommunale Verwaltungen mit ihren Dezernaten und Ämtern. Da neben der unmittelbaren Erreichbarkeit auch die Stromversorgung nicht sichergestellt werden kann,<sup>97</sup> werden vorab bestimmte Notquartiere bezogen, um zumindest für die Ereignisbewältigung arbeitsfähig zu sein.

##### **Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:**

- Verwaltungsbehörden sind grundsätzlich arbeitsfähig, infolge des Stromausfalls aber zum Teil mit erheblichen Einschränkungen. In vom Stromausfall betroffenen Verwaltungsbehörden ohne ausreichende Notstromversorgung muss mit provisorischen Mitteln (Stift und Papier) gearbeitet werden, da die IT ggf. auch ausfällt.
- Der Kontakt zwischen Bürger und Behörden sowie zwischen Behörden untereinander wird infolge der Beeinträchtigungen in den Kritischen Infrastrukturbereichen Elektrizität sowie Informationstechnik und Telekommunikation erschwert bzw. nicht mehr möglich. Auf Grund der erschwerten Kommunikationslage sind auch die Möglichkeiten zur Informationsgewinnung und Lagebeurteilung sowie damit die Einleitung zielgerichteter Maßnahmen des Krisenmanagements stark eingeschränkt.
- Eine Besonderheit besteht für Behörden des Bundes, die an den Informationsverbund Berlin-Bonn (IVBB), den Informationsverbund der Bundesverwaltung (IVBV) oder an das Bundesverwaltungsnetz (BVN) angeschlossen sind. Diese sind über Anschlusseinheit (NdBA) in unterschiedlicher Qualität an Netze des Bundes angeschlossen. Für die über NdBA5 angeschlossenen Teilnehmer gilt, dass sowohl deren Strukturen als auch die zentralen Strukturen des Netzes so ausgelegt sind, dass die Verfügbarkeit für mind. 120 Stunden gegeben ist, ohne dass im Verlauf dieser Zeit Treibstofflieferungen erforderlich sind. Für NdB-Teilnehmer, die über einen NdBA1 bis NdBA 4 angeschlossen sind, gilt die Vorgabe, im Rahmen eines eigenen Sicherheitskonzeptes mit der Vorgabe Grundschutz mit hohem Schutzbedarf umzusetzen, die erforderlichen Maßnahmen selbst zu definieren. Inwieweit darin eine Nachbelieferung mit Treibstoff vorgesehen ist, liegt im Ermessen jedes einzelnen Teilnehmers.

<sup>96</sup> Sofern Hauptverwaltungen betroffen sind, könnte dies. Auswirkungen auf Niederlassungen in nicht betroffenen Gebieten und damit auf das Gesamtgeschäft haben, sofern dort zentrale Server/Datenbanken vorgehalten werden (z. B. Kundendatenbanken - Database Customer Care - mit allen Daten der Versicherten, Krankheitsverlauf, Risikobewertung etc.).

<sup>97</sup> Behörden und Körperschaften verfügen teilweise über Tanklager, u. a. für die Notstromversorgung, um den eigenen Betrieb im Rahmen von Krisensituationen aufrechterhalten zu können. In der Regel werden die Tanklager am Anfang des Jahres befüllt. Bei einer außergewöhnlichen Krisenlage einhergehend mit einem Stromausfall im letzten Jahresdrittel können die Tanklager daher bereits deutlich geleert sein. Zudem ist generell anzumerken, dass dort, wo Treibstoffreserven (z.B. im Zuge von Sparmaßnahmen) abgebaut werden, die Betriebsfähigkeit in Stromausfalllagen entsprechend eingeschränkt ist bzw. nicht mehr gewährleistet werden kann. Die staatlichen Hilfeleistungspotentiale würden hierdurch entsprechend stärker belastet.

**Branche PARLAMENT****Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:**

*Keine bundesrelevanten Auswirkungen.*

**Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:**

*Keine bundesrelevanten Auswirkungen.*

**Branche JUSTIZEINRICHTUNGEN****Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:**

Justizvollzugsanstalten, die in Gebieten liegen, für die aufgrund akuter Überflutungsgefahr die Evakuierung der Bevölkerung angeordnet wird, werden evakuiert.

**Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:**

- Justizvollzugsanstalten in den Stromausfallgebieten können über ihre Notstromversorgung einen Grundbetrieb aufrechterhalten. Beleuchtung, Schließsysteme, Überwachungskameras und Bewegungsmelder funktionieren weiterhin. Um die Sicherheit der Justizvollzugsanstalten zu gewährleisten, werden kontinuierlich Treibstofflieferungen vorgenommen.
- Justizvollzugsanstalten, in denen die Notstromversorgung ausfällt, die Lebensmittelversorgung aufgrund der Einschränkungen im Verkehrs- und Logistikbereich teilweise nicht mehr erfolgen kann (→ *Querverweis Transport und Verkehr*) oder in denen die Wasserver- oder -entsorgung ausfallen (→ *Querverweis Wasser*) müssen gesichert und geräumt werden.

**Branche NOTFALL-/RETTUNGSWESEN EINSCHLIESSLICH KATASTROPHENSCHUTZ****Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:**

- Polizei, Feuerwehr, THW, Katastrophenschutz und Rettungsdienst sind rund um die Uhr im Einsatz.<sup>98</sup> Da lokale Kräfte nicht ausreichen, um Hochwasserschutzmaßnahmen, Evakuierungen, Verlegungsfahrten, Versorgungsaufgaben usw. durchzuführen, werden Einheiten aus dem gesamten Bundesgebiet in die betroffenen Gebiete verlegt. Auch Einheiten der Bundeswehr kommen in großem Umfang unterstützend zum Einsatz.
- Besonders die Evakuierung betroffener Krankenhäuser, Altenheime und weiterer Einrichtungen bindet in den ersten Tagen die Patiententransportkapazitäten, da auch weiter entfernt gelegene Ziele angesteuert werden müssen.
- Überflutete Gebäude, (z. B. Leitstellen, Feuerwehrgerätehäuser, Feuer- und Rettungswachen), Gerätschaften in diesen Gebäuden und technische Einrichtungen im Überflutungsgebiet, wie beispielsweise Umsetzer für den BOS (Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben)-Funk, stehen nicht zur Verfügung.

**Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:**

- In den vom Stromausfall betroffenen Gebieten ist ein massiver Einsatz von Polizei, Feuerwehr und sonstiger Einsatzkräften notwendig. Einsatzkräfte sind bereits im Vorfeld mit Sicherungsmaßnahmen beschäftigt. Ab Einsetzen des Sturms erfolgt ein dauerhafter Einsatz aller verfügbaren Kräfte über einen längeren Zeitraum, das Einsatzaufkommen ist sehr hoch.
- Rettungskräfte können die Einsatzorte aufgrund versperrter Straßen usw. zum Teil nur mit großer Verzögerung erreichen. Es dauert mehrere Stunden, bis alle in Not geratenen Personen versorgt werden können. Der Funkverkehr wird gebietsweise durch die Zerstörung von Relaisstationen beeinträchtigt.
- Durch den Stromausfall und dem damit einhergehenden Ausfall weiterer Versorgungsleistungen sind die Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben einerseits selbst betroffen, andererseits sind sie in höchstem Maße für die Bewältigung der Schadenslage gefordert. Leitstellen, Krisen- und Führungsstäbe verfügen in der Regel über Notstromaggregate bzw. werden mit diesen versorgt. Sie werden, ebenso wie Funk-Relaisstationen<sup>99</sup>, mit ausreichend Treibstoff beliefert, al-

<sup>98</sup> Vgl. Kapitel 2.6 (Behördliche Maßnahmen).

<sup>99</sup> Zurzeit können keine einheitlichen Aussagen zu Auswirkungen im Bereich des Digitalfunks getroffen werden. Ein großer Teil des Netzes wurde zwischenzeitlich errichtet (Stand: Juli 2013), in einem zweiten Schritt werden nun Schwachstellenanalysen durchgeführt, die einem weiteren Ausbau der Widerstandsfähigkeit dienen sollen. Grundsätzlich ist aber davon auszugehen, dass das Digitalnetz zurzeit verletzlicher gegenüber dem hier beschriebenen Szenario wäre als das Analognetz, da bei der Vielzahl an Funkstationen einerseits mit einem gehäuftem Auftreten von Sturmschäden, andererseits mit Problemen bei der Versorgung dieser Einrich-

lerdings sind die Kommunikation und die Informationsbeschaffung stark eingeschränkt was dazu führt, dass Lagebilder nicht immer aktuell bzw. vollständig sind. Als kritisch erweist sich auch die Versorgung der Fahrzeuge und der Notstromaggregate der Einsatzkräfte mit Treibstoff, der absoluter Vorrang eingeräumt wird. Ein Bezug über private Tankstellen ist insbesondere in den Gebieten mit mehrtägigem, großflächigem Stromausfall nur sehr eingeschränkt möglich.<sup>100</sup> Treibstoffanlieferungen erfolgen aufgrund der erschwerten Kommunikation pauschal und undifferenziert, aber in ausreichender Zahl. Dort, wo dies logistisch sinnvoller ist, werden die Fahrzeuge in nicht betroffenen Gebieten betankt.

- Da der größte Teil der Kommunikationstechnik ausgefallen ist, ist die Alarmierung von Polizei, Feuerwehr und Rettungsdienst nur noch auf „direktem“ Wege möglich. Soweit machbar, werden an zentralen Punkten Meldeköpfe eingerichtet, die Alarmierungen entgegennehmen und per Funk weitergeben können, bzw. werden Streifenfahrten durchgeführt. Dies ist jedoch nicht flächendeckend möglich.
- Die gesetzlichen Hilfsfristen werden in den meisten Fällen deutlich überschritten. Nachdem die unmittelbar aus der Sturmflut und dem Sturm resultierenden Einsätze abgeschlossen sind, konzentrieren sich die Einsatzkräfte insbesondere auf die Evakuierung von Krankenhäusern und Alten-/Pflegeheimen und die Unterstützung der Versorgung der Bevölkerung mit Lebensmitteln.
- In den von Stromausfall betroffenen Gebieten stehen die Feuerwehren bei der Brandbekämpfung vor großen Problemen, da die Wasserversorgung nur noch mit vermindertem Druck arbeitet bzw. ganz ausgefallen ist.
- Kräfte aus dem gesamten Bundesgebiet werden angefordert und in den betroffenen und angrenzenden Gebieten zusammengezogen. Dies bedeutet insbesondere in den ersten Tagen eine große logistische, materielle und personelle Herausforderung. Die Helferinnen und Helfer stehen im Dauereinsatz.

## Sektor MEDIEN UND KULTUR

### Branche RUNDFUNK (FERNSEHEN UND RADIO), GEDRUCKTE UND ELEKTRONISCHE PRESSE

#### Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:

- In den von Überflutung betroffenen Gebieten kommt es zu Ausfällen, Beschädigungen und Zerstörungen von einzelnen Anlagen oder Anlagenteilen der Medienproduktion. Vereinzelt hat dies auch regionale Auswirkungen, die über das eigentliche Überflutungsgebiet hinausgehen (z. B. durch Störung der Stromversorgung bzw. der Informationsübertragung).
- In den Überflutungsgebieten, die nicht evakuiert werden mussten, sind Fernsehen, Internet und Radio vor allem aufgrund des Ausfalls stromabhängiger Endgeräte nicht flächendeckend verfügbar. Auch die Lieferung von Zeitungen ist vielerorts eingeschränkt bzw. nicht möglich.

#### Zusätzliche Auswirkungen durch Sturm und Stromausfall:

- Lokal werden Sendeantennen beschädigt oder zerstört.
- Die Rundfunkanstalten sind gegen Stromausfälle verhältnismäßig gut abgesichert und verfügen über Treibstoffvorräte, die ihre Notstromversorgung für einige Tage gewährleisten. Die in den von Stromausfall betroffenen Gebieten liegenden Rundfunkanstalten werden soweit möglich mit Treibstoff beliefert, um die Information der Bevölkerung aufrechtzuerhalten.
- Die Bevölkerung in den Stromausfallgebieten ist auf batteriebetriebene, Kurbel- und Autoradios sowie batteriebetriebene Klein- und Campingfernseher angewiesen.
- Einschränkungen bei der Versorgung mit Printmedien treten auf Bundesebene nicht auf. Kleinere Regionalzeitungen in den Stromausfallgebieten verfügen über eine Notstromversorgung. Sie drucken, in Abstimmung mit den lokalen Behörden, nur noch Sonderausgaben mit den wichtigsten Informationen zur Lageentwicklung, die aufgrund der Logistikprobleme an zentralen Stellen verteilt werden.

tungen sowie der eventuell genutzten Telekom-Infrastruktur (Ortsvermittlungsstellen, auf die in einigen Gebieten zur Weitergabe der Informationen zurückgegriffen wird) mit Notstrom zu rechnen ist. Das Analognetz ist hier auf deutlich weniger Komponenten angewiesen, grundsätzlich können ohne Verstärkung weitere Strecken überbrückt werden.

<sup>100</sup> Für die Treibstoffversorgung der Einsatzkräfte sollte auch in Zukunft an einspeisefähigen und mit Netzersatzanlagen ausgerüstete Tankstellen im öffentlichen Sektor festgehalten werden.

**Branche KULTURGUT****Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:**

- In von Überflutung betroffenen Gebieten kommt es zu Schädigung und Zerstörung von Kulturgut.

**Zusätzliche Auswirkungen durch den Sturm und Stromausfall:**

- Die auftretenden Orkanböen verursachen bundesweit Schäden und Zerstörung an Kulturgut.

**Branche SYMBOLTRÄCHTIGE BAUWERKE****Unmittelbare Auswirkungen durch die Sturmflut:**

- In von Überflutung betroffenen Gebieten kommt es zu Schädigung und Zerstörung von symbolträchtigen Bauwerken

**Zusätzliche Auswirkungen durch den Sturm und Stromausfall:**

- Die auftretenden Orkanböen verursachen bundesweit Schäden und Zerstörung an symbolträchtigen Bauwerken.

#### 4. Referenzereignisse

Die so gut wie lückenlosen Pegelaufzeichnungen für Cuxhaven seit der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts erlauben zuverlässige Sturmflutstatistiken und die Festlegung von Referenzereignissen. Während die Scheitelwasserstände der Sturmfluten sehr gut vergleichbar sind, sind es die möglichen Auswirkungen wegen erheblich besseren Küstenschutzes und moderner Warnverfahren nicht. Sehr schwere Sturmfluten mit Höhen von mehr als 3,5 m über MHW traten in den letzten 150 Jahren nur sehr sporadisch auf, das hier beschriebene Szenario hat gar eine Eintrittswahrscheinlichkeit  $< 0,0001$  für das jeweils nächste Jahr. Das bedeutet, vereinfachend ausgedrückt, dass ein solches Ereignis statistisch seltener als einmal in zehntausend Jahren auftritt. Einschlägige Forschungsvorhaben (z. B. das Projekt „Modellgestützte Untersuchungen zu Sturmfluten mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten an der deutschen Nordseeküste“ – MUSE<sup>101</sup>) verweisen hinsichtlich des Entwicklungspotenzials der Wasserstände durchweg auf die Sturmflut zum Jahresbeginn 1976 als Referenzereignis, während die Zahl der Opfer bei der Sturmflut Mitte Februar 1962 erheblich höher war.<sup>102</sup> Alle späteren Ereignisse dieser Art treten deutlich hinter die beiden genannten zurück. Die Untersuchungen zur Sturmflut 1976 lehren, dass sich aus einer solchen Wetterlage erheblich höhere Sturmfluten und damit größere Belastungen für Küstenschutzwerke ergeben können, als bisher eingetretene;<sup>103</sup> die Sturmflut 1962 zeigt, welche Probleme brechende Deiche und ausbleibende bzw. nicht ankommende Warnungen aufwerfen.<sup>104</sup>

Wie bereits in Kap. 1 erläutert, lassen sich Sturmflutwasserstände an unterschiedlichen Orten der Deutschen Bucht am besten vergleichen, wenn als Bezugsniveau das örtliche MHW zugrunde gelegt wird. Ein solcher Vergleich für den Zeitraum ab 1949 ist in Tabelle 4 angestellt. Es sind alle Ereignisse erfasst, an denen an der deutschen Nordseeküste eine sehr schwere Sturmflut festgestellt worden ist, also der Scheitelwasserstand zumindest an einem Ort höher als 3,5 m über MHW eingetreten ist.<sup>105</sup> In der zweiten Zeile (unterhalb der Ortsnamen) findet sich die Höhenlage des lokalen MHW (Werte für das Jahr 2014) über NHN (Normalhöhennull, entspricht an der deutschen Nordseeküste etwa NN). Dann folgen 13 Zeilen mit den Abweichungen der Scheitelwasserstände vom MHW bei den 13 sehr schweren Sturmfluten. In der vorletzten Zeile findet sich das Modellergebnis aus MUSE, eine extreme Variante der Sturmflut von 1976. Die letzte Zeile (17) schließlich repräsentiert das hier zugrunde gelegte Szenario „Sturmflut“ der Risikoanalyse.<sup>106</sup>

<sup>101</sup> Vgl. Jensen et al., 2006.

<sup>102</sup> Vgl. Bütow, 1970; Pfeifer, 1963.

<sup>103</sup> Vgl. Bork u. Müller-Navarra, 2005.

<sup>104</sup> Vgl. Sachverständigenausschuss, Juni 1962.

<sup>105</sup> Alle Werte der Zeilen 3 bis 15 der Tabelle 4 – auch die zugrunde liegenden jährlichen MHW – sind für die Risikoanalyse neu bestimmt worden. In den Spalten 2 und 3 der Zeilen 3 bis 15 finden sich die zugehörigen Hochwassereintrittszeiten (HWZ) von Cuxhaven. Gezeitenanalyse nach Müller-Navarra (2013, s.a. Gerber et al.).

<sup>106</sup> Oumeraci et al. (2012) legen im Projekt ExtremRisk für Cuxhaven und Hörnum, ausgehend von beobachteten Wasserständen, um ca. 0,7 m niedrigere Extremwerte vor; für Hamburg wird ein um ca. 0,5 m höherer Scheitelwasserstand angenommen. ExtremRisk bedient sich u. a. auch des MUSE-Beispiels der Zeile 16 in Tabelle 4 und berücksichtigt teilweise noch weitere gleichzeitige Einflüsse wie Fernwellen aus dem Nordatlantik und Oberwassereinfluss. Die Extremwerte (Zeile 17) der nun vorgelegten Risikoanalyse werden hingegen einheitlich aus dem Wintersturm-Szenario (vgl. Fußnote 14) abgeleitet. Die Referenzereignisse Zeilen 3 bis 15 und die Studien MUSE (Zeile 16) sowie ExtremRisk zeigen im Grunde, dass es eine „höchst mögliche“ Sturmflut weder gibt noch dafür Scheitelwasserstände angegeben werden könnten.

1	Scheitelhöhen [m] über MHW (* ) geschätzt		Bremerhaven	Bremen	St. Pauli	Cuxhaven	Dagebüll	Emden	Helgoland	Hörnum	Husum	List	Alte Weser	Norderney	Wilhelmshaven	Witttdün	Wyk
2	HWZ <sub>cux</sub> \ MHW ü. NHN		1,9	2,5	2,1	1,5	1,4	1,5	1,2	1,0	1,7	0,9	1,4	1,2	1,8	1,3	1,3
3	16.02.1962	23:38	3,7	3,1	3,9	3,5	3,4	3,4	2,8	3,0	3,7	2,9	2,9	2,9	3,5	3,1	3,2
4	03.01.1976	14:19	3,5	2,9	4,5	3,7	3,3	2,9	2,5	2,8	4,0	3,2	2,8	2,7	3,1	2,9	3,2
5	21.01.1976	3:36	3,2	2,7	3,6	3,3	3,1	3,0	2,6	2,9	3,4	2,7	2,7	2,7	3,2	2,8	3,0
6	24.11.1981	11:41	2,6	2,4	3,8	3,1	3,4	2,8	2,4	3,2	3,6	3,3	2,5	2,4	2,6	2,9	3,3
7	28.02.1990	2:48	2,7	2,6	3,7	2,9	2,8	2,7	2,2	2,6	3,0	2,5	2,4	2,4	2,7	2,4	2,8
8	23.01.1993	1:16	2,9	2,5	3,7	2,9	2,6	2,3	2,1	2,4	2,9	2,1	2,3	2,1	2,5	2,4	2,5
9	28.01.1994	13:50	3,0	2,9	4,0	3,0	2,7	3,2	2,3	2,6	3,1	2,4	2,5	2,5	2,8	2,6	2,6
10	10.01.1995	7:02	3,0	2,6	4,0	3,0	1,8	2,9	1,8	1,7	2,7	1,6	2,3	2,3	3,0	1,8	1,8
11	05.02.1999	3:52	2,7	2,3	3,7	2,8	2,6	2,4	2,2	2,3	3,2	2,2	2,3	2,2	2,2	2,3	2,5
12	03.12.1999	22:10	2,6	2,3	3,9	3,0	2,6	2,4	1,9	2,1	3,7	2,8	2,2	2,0	2,7	2,3	2,5
13	01.11.2006	8:13	2,8	2,4	2,8	2,4	1,2	3,7	1,6	1,3	1,6	1,4	2,2	2,6	3,1	1,4	1,3
14	09.11.2007	12:41	2,9	2,5	3,6	2,9	2,0	3,3	2,1	1,9	2,4	1,8	2,4	2,6	3,0	1,9	2,0
15	06.12.2013	2:52	3,2	2,7	4,0	3,1	2,6*	3,5	2,3	2,6	3,3	2,7	2,5	2,6	3,3	2,6	2,6
16	MUSE/1976	EPS45	4,8	3,9	5,4	5,0	4,2	4,6	3,8	3,9	5,0	3,9	4,3	3,9	4,6	3,9	4,1
17	Szenario		5,6	4,8	6,0	5,7	4,9	5,2	4,5	4,8	6,1	5,3	4,8	4,0	5,1	5,0	5,3

**Tab. 4:** Alle Termine mit sehr schweren Sturmfluten (dunkelrot) an ausgesuchten Orten von 1949 bis heute. Beobachteten Wasserstände, angegeben in Metern über mittlerem Hochwasser (MHW), Ergebnisse aus dem Projekt MUSE sowie hier untersuchtes Szenario in der letzten Zeile. Die Farben stellen die drei Sturmflutklassen entsprechend der Tab. 3 dar (dunkelrot = sehr schwere Sturmflut; hellrot = schwere Sturmflut; gelb = Sturmflut)

Aus der Tabelle lassen sich einige Grundsätze für sehr schwere Sturmfluten und somit auch für das hier untersuchte Szenario (letzte Zeile) ableiten:

- Sehr schwere Sturmfluten bedingen Sturmflutwasserstände an der gesamten Küste.
- Nur einmal (im Januar 1976) traten zwei sehr schwere Sturmfluten innerhalb weniger Wochen auf.
- An der offenen Küste sind die Scheitelwasserstände niedriger.
- Während sich in der Elbe zwischen Cuxhaven und Hamburg die Scheitelwasserstände (bezogen auf MHW) erhöhen, ist das in der Weser zwischen Bremerhaven und Bremen nicht der Fall.
- Die Inselpegel zeigten bisher keine Sturmfluten >3,5 m ü. MHW.

Aber ist die Tabelle auch aussagekräftig für zukünftige Jahrzehnte? Gelegentlich tritt in der Literatur die Annahme auf, dass sich ein Klimawandel einstellen wird, der mit in Anzahl und Intensität zunehmenden Stürmen einhergeht.<sup>107</sup> Parallel dazu wird für den in den vergangenen zwei Jahrhunderten sehr moderaten relativen Meeresspiegelanstieg von ca. 20 cm/Jahrhundert eine Beschleunigung durch Abschmelzen des Grönlandeises projiziert.<sup>108</sup> Beide Annahmen würden dazu führen, dass die Angaben der Tabelle für die noch folgenden Jahrzehnte des 21. Jahrhunderts nur eingeschränkte Gültigkeit besitzen. Nach neueren Untersuchungen gibt es jedoch keine Anzeichen für eine Zunahme der Sturmaktivität an der deutschen Nordseeküste.<sup>109</sup> Weiterhin lassen sich bis heute für den relativen Meeresspiegelanstieg lediglich zeitweise Beschleunigungsphasen nachweisen, die vermutlich einer natürlichen dekadischen Variabilität zuzuordnen sind.<sup>110</sup> Weiterhin hat ein

<sup>107</sup> Vgl. Donat et al., 2011

<sup>108</sup> Vgl. UBA, 2013.

<sup>109</sup> Vgl. Dangendorf et al. 2014a.

<sup>110</sup> Vgl. IPCC, 2013

lokaler mittlerer Meeresspiegel ein Langzeitgedächtnis von mehreren Jahrzehnten,<sup>111</sup> so dass ohnehin nicht mit abrupten Änderungen des Meeresspiegelanstiegs zu rechnen ist bzw. solche erst nach entsprechenden Zeiträumen zweifelsfrei nachweisbar sind. Es ist daher davon auszugehen, dass sich zukünftige, sehr schwere Sturmfluten in diejenigen der Zeilen 3 bis 15 der Tabelle einordnen lassen werden und dass die angenommenen physikalisch möglichen Extremwasserstände der Zeilen 16 und 17 sowie das Szenario dieser Risikoanalyse für einen längeren Zeitraum repräsentativ sind.

---

<sup>111</sup> Dangendorf et al. 2014b

## II. EINTRITTSWAHRSCHEINLICHKEIT

Eintrittswahrscheinlichkeits-Klasse				
A	B	C	D	E
●				

**Tab. 1:** Eintrittswahrscheinlichkeits-Klasse für die Risikoanalyse Sturmflut.

Gemäß aktueller Klassifikation für die Risikoanalyse Bevölkerungsschutz Bund<sup>112</sup> wird dem hier zugrunde gelegten Sturmflutereignis eine Eintrittswahrscheinlichkeit der Klasse A (sehr unwahrscheinlich) zugeordnet. Dies bedeutet, dass es sich um ein Ereignis handelt, das statistisch seltener als einmal in einem Zeitraum von 10.000 Jahren eintritt.

Ein Wintersturm, wie er dem hier dargelegten Sturmflut-Szenario zugrunde liegt, ist für die deutsche Nordseeküste noch nicht im Schrifttum dokumentiert worden. Allerdings sind in einem aufwendigen Forschungsprojekt mit dem Titel „Modellgestützte Untersuchungen zu Sturmfluten mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten an der deutschen Nordseeküste“ (MUSE) ähnliche Extremereignisse untersucht worden.<sup>113</sup> Die umfangreichen Ergebnisse dieser Studien sind hier verwendet werden, um dem abgeleiteten Szenario eine Eintrittswahrscheinlichkeit zuzuordnen. Um im Szenario überhaupt eine mehr als landesweite Betroffenheit mit Bundesrelevanz zu erlangen, mussten bei dem mittlerweile sehr hohen Sicherheitsstandard des Küstenschutzes (z. B. Seedeiche und Sperrwerke) sehr hohe additive Werte von Wasserstand und Wellenauflauf zugrunde gelegt werden.

Betrachtet man den Wasserstand allein, so haben laut MUSE-Studie alle hier verwendeten Werte (Tab. 4) eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von deutlich weniger als 0,0001. D. h., die Wahrscheinlichkeit dafür, dass ein solcher Wasserstand im Folgejahr überschritten wird, ist kleiner als ein Zehntausendstel (1/10.000).<sup>114</sup>

<sup>112</sup> Vgl. Anhang C.

<sup>113</sup> Vgl. Jensen et al., 2006.

<sup>114</sup> Hinweis: Eine vergleichbare Eintrittswahrscheinlichkeit ist auch den sehr hohen Sicherheitsstandard in Bezug auf Hochwassergefahren, den die deutschen Kernkraftwerke an den Tideflüssen haben, zugrunde gelegt. (Vgl. KTA 2004).

**III. SCHADENSAUSMASS**

Schutzgut	Schadensparameter		Schadensausmaß				
			A	B	C	D	E
MENSCH	M <sub>1</sub>	Tote					
	M <sub>2</sub>	Verletzte, Erkrankte					
	M <sub>3</sub>	Hilfebedürftige					
	M <sub>4</sub>	Vermisste					
UMWELT	U <sub>1</sub>	Schädigung geschützter Gebiete					
	U <sub>2</sub>	Schädigung von Oberflächengewässern/Grundwasser					
	U <sub>3</sub>	Schädigung von Waldflächen					
	U <sub>4</sub>	Schädigung landwirtschaftlicher Nutzfläche					
	U <sub>5</sub>	Schädigung von Nutztieren					
VOLKS- WIRTSCHAFT	V <sub>1</sub>	Auswirkungen auf die öffentliche Hand					
	V <sub>2</sub>	Auswirkungen auf die private Wirtschaft					
	V <sub>3</sub>	Auswirkungen auf die privaten Haushalte					
IMMATERIELL	I <sub>1</sub>	Auswirkungen auf die öffentliche Sicherheit und Ordnung					
	I <sub>2</sub>	Politische Auswirkungen					
	I <sub>3</sub>	Psychologische Auswirkungen					
	I <sub>4</sub>	Schädigung von Kulturgut					

Tab. 2: Schadensausmaß-Klassen für die Risikoanalyse Sturmflut.<sup>115</sup>

**Grundlegende Annahmen aus dem Szenario:**

- Ca. 1.350 km<sup>2</sup> sind von Überflutung betroffen (vgl. Kapitel 2.1).
- in den überfluteten Bereichen leben ca. 150.000 Menschen. Hinzu kommen Personen von außerhalb, die sich zur Zeit der Sturmflut in den von Überflutung betroffenen Gebieten aufhalten (vgl. Kapitel 2.1).
- Ca. 23 Mio. Menschen leben in Gebieten, in denen Windspitzen > 42 m/s auftreten. Hier besteht besondere Gefahr für Leib und Leben, z. B. aufgrund umherfliegender Gegenstände (vgl. Kapitel 2.1).
- Mehr als 6 Mio. Menschen leben in den vom Stromausfall betroffenen Gebieten. Diese Zahl nimmt im Zuge der sukzessiven Wiederherstellung der Stromversorgung im zeitlichen Verlauf wie folgt ab:
  - unmittelbar: mehr als 6 Mio. vom Stromausfall Betroffene,
  - nach 24 Stunden: mindestens 4,8 Mio. vom Stromausfall Betroffene,
  - nach 1 Woche: mindestens 3 Mio. vom Stromausfall Betroffene,
  - noch nach 3 Wochen: mindestens 600.000 vom Stromausfall Betroffene.
- Sturmflut, Sturm und Stromausfall haben in ihrer Gesamtheit gravierende Auswirkungen auf den gesamten Sektor „Transport und Verkehr“. Insbesondere dort, wo Binnenschifffahrt, Eisenbahn und Straße zeitgleich ausfallen, kann dies nicht kompensiert werden. Folglich ist mit entsprechend dramatischen Auswirkungen auf die Bereiche Produktion, Logistik und Versorgung und mit immensen indirekten Kosten zu rechnen (Stichworte: keine Lagerhaltung, just-in-time-Produktion).

<sup>115</sup> Zuordnungen der jeweiligen Schadensausmaß-Klasse gemäß aktueller Klassifikation des Schadensausmaßes für die Risikoanalyse Bevölkerungsschutz Bund (Vgl. Anhang D).

**Schutzgut MENSCH****Schadensparameter: Tote (M<sub>i</sub>)****Zuordnung gemäß aktueller Klassifikation:**

Klasse D: > 1.000 - 10.000 Tote

**Ermittlung Schadensausmaß:**

## a) Sturmflutbedingt: &gt; 150 Tote

Herleitung:

Einwohner im potentiell überflutungsgefährdeten Gebiet: ca. 2 Mio.

→ vereinfachte Annahme: davon 150.000 Einwohner von Überflutung betroffen; hinzu kommen Personen von außerhalb, die sich zur Zeit der Sturmflut in den betroffenen Gebieten aufhalten sowie Personen, die während der Sturmflut in Seenot geraten

→ vereinfachte Annahme: davon kommen 0,1 % infolge des Ereignisses um: > 150 Tote

→ hinzu kommen einige Tote infolge von Rettungs- und Aufräumarbeiten

## b) Sturmbedingt: ca. 110 Tote

Herleitung:

Einwohner der Gebiete mit Windspitzen > 42 m/s: ca. 23 Mio. Dies entspricht ca. 75 % der für die Risikoanalyse Wintersturm angenommenen 30 Mio. Einwohner.

→ Risikoanalyse Wintersturm: 100 Tote unmittelbar, 50 Tote durch Wiederaufbau-/Aufräumarbeiten

→ vereinfachte Annahme: davon jeweils 75 %: 75 Tote unmittelbar, 35 durch Wiederaufbau-/Aufräumarbeiten

## c) Stromausfallbedingt: ca. 1.000 Tote

Herleitung:

Einwohner in Stromausfallgebieten: ca. 6,3 Mio. Dies entspricht ca. 90 % der für die Risikoanalyse Wintersturm angenommenen 7 Mio. Einwohner.

→ Risikoanalyse Wintersturm: ca. 100 Tote unmittelbar (z.B. durch Autounfälle aufgrund ausgefallener Ampelanlagen), zusätzlich ca. 1.000 Tote infolge von Pflegebedürftigkeit<sup>116</sup> (z.B. durch Evakuierungen, kältebedingt erhöhte Herz-Kreislauf-Morbidität, Mortalität aufgrund des Ausfalls von Heizungen)

→ vereinfachte Annahme: davon jeweils 90 %: 90 Tote unmittelbar, 900 Tote infolge von Pflegebedürftigkeit

**Zugrunde gelegte Annahmen:**

- Betrachtet werden hier Personen, deren Tod – unabhängig vom Zeitpunkt seines Eintritts – kausal auf das schädigende Ereignis zurückzuführen ist.
- Menschen kommen unmittelbar durch die Sturmflut zu Tode (Ertrinken), während versuchter Rettungsmaßnahmen oder bei dem Versuch, Gegenstände aus Kellern zu bergen).
- Im Rahmen der Evakuierungsmaßnahmen kommt es aufgrund der Ausnahmesituation, insbesondere bei Menschen mit schweren, lebensbedrohlichen Erkrankungen zu Todesfällen.
- Menschen kommen unmittelbar durch den Sturm ums Leben (Baumbrüche, umherfliegende Gegenstände und Trümmer, Verkehrsunfälle, Gebäude(teil)einstürze, usw.). Zudem sterben Menschen bei Aufräumarbeiten, insbesondere im Forst-

<sup>116</sup> Herleitung: Für die Risikoanalyse Wintersturm wurde angenommen, dass in den Stromausfallgebieten 36.000 Patienten in Krankenhäusern, 430.000 Pflegebedürftigen/Personen in häuslicher Pflege leben (Abschätzung auf folgender Grundlage: Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg., 2008): Demographischer Wandel in Deutschland Heft 2. Auswirkungen auf Krankenhausbehandlungen und Pflegebedürftige im Bund und in den Ländern. Wiesbaden). Annahme für die Risikoanalyse Wintersturm: davon versterben 0,2 % infolge von Pflegebedürftigkeit.

bereich.

- Menschen sterben infolge der Stromausfälle. Hierzu zählen beispielsweise Pflegebedürftige oder Menschen mit bestehenden Grunderkrankungen (die beispielsweise kältebedingt an erhöhter Herz-Kreislauf-Morbidität früher sterben) sowie Tote in Folge von Verkehrsunfällen (Ausfall Ampelanlagen).

#### Schadensparameter: Verletzte/Erkrankte (M<sub>2</sub>)

##### Zuordnung gemäß aktueller Klassifikation:

Klasse E: > 10.000 Verletzte/Erkrankte

##### Ermittlung Schadensausmaß:

- Sturmflutbedingt: mindestens 750 Verletzte/Erkrankte  
Herleitung:  
Einwohner im potentiell überflutungsgefährdeten Gebiet: ca. 2 Mio.
  - vereinfachte Annahme: davon 150.000 Einwohner von Überflutung betroffen; hinzu kommen Personen von außerhalb, die sich zur Zeit der Sturmflut in den betroffenen Gebieten aufhalten sowie Personen, die während der Sturmflut in Seenot geraten
  - vereinfachte Annahme: davon verletzen sich/erkranken 0,5 % infolge des Ereignisses: > 750 Verletzte/Erkrankte
  - hinzu kommen einige Verletzte infolge von Rettungs- und Aufräumarbeiten
- Sturmbedingt: mindestens 1.000 Verletzte/Erkrankte  
Herleitung:  
Einwohner der Gebiete mit Windspitzen > 42 m/s: ca. 23 Mio. Dies entspricht ca. 75 % der für die Risikoanalyse Wintersturm angenommenen 30 Mio. Einwohner.
  - Risikoanalyse Wintersturm: mindestens 1.000 unmittelbar Verletzte (z.B. durch Autounfälle aufgrund ausgefallener Ampelanlagen); zusätzlich ca. 50.000 Erkrankte aufgrund der erschwerten Lebensbedingungen<sup>117</sup>
  - vereinfachte Annahme: davon jeweils 75 %: 750 unmittelbar Verletzte, 37.500 Erkrankte
- Stromausfallbedingt:  
Herleitung:  
Einwohner in Stromausfallgebieten: ca. 6,3 Mio. Dies entspricht ca. 90 % der für die Risikoanalyse Wintersturm angenommenen 7 Mio. Einwohner
  - Risikoanalyse Wintersturm: mindestens 1.000 unmittelbar Verletzte (z.B. durch Autounfälle aufgrund ausgefallener Ampelanlagen), zusätzlich ca. 50.000 Erkrankte infolge von Pflegebedürftigkeit<sup>118</sup> (z.B. durch Evakuierungen, kältebedingt erhöhter Herz-Kreislauf-Morbidität, Mortalität aufgrund von Heizungsausfall)
  - vereinfachte Annahme: davon jeweils 90 %: 900 unmittelbar Verletzte, 45.000 Erkrankte infolge von Pflegebedürftigkeit

##### Zugrunde gelegte Annahmen:

- Betrachtet werden hier Personen, die durch das Ereignis im Bezugsgebiet verletzt werden oder in seinem Verlauf bzw. in dessen Folge so erkranken, dass sie ärztlich oder im Gesundheitswesen betreut werden müssen.

<sup>117</sup> Hier für die Risikoanalyse Wintersturm exemplarische Annahme: 10 % der Pflege- und Hilfebedürftigen sowie 0,1 % der Allgemeinbevölkerung in den Stromausfallgebieten.

<sup>118</sup> Herleitung: Für die Risikoanalyse Wintersturm wurden angenommen, dass in den Stromausfallgebieten 36.000 Patienten in Krankenhäusern, 430.000 Pflegebedürftigen/Personen in häuslicher Pflege leben (Abschätzung auf folgender Grundlage: Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg., 2008): Demographischer Wandel in Deutschland Heft 2. Auswirkungen auf Krankenhausbehandlungen und Pflegebedürftige im Bund und in den Ländern. Wiesbaden). Annahme für die Risikoanalyse Wintersturm: davon erkranken 10 % sowie 0,1 % der Allgemeinbevölkerung in den Stromausfallgebieten.

- Menschen werden unmittelbar durch den Sturm verletzt (Baumbrüche, herumfliegende Gegenstände und Trümmer, Verkehrsunfälle, Gebäude(teil)einstürze, usw.). Zudem ziehen sich Menschen bei Aufräumarbeiten, insbesondere im Forstbereich, Verletzungen zu.
- Menschen werden infolge der Stromausfälle verletzt (z. B. bei Verkehrsunfällen infolge von ausgefallenen Ampelanlagen). Zudem erkranken Menschen aufgrund von Heizungsausfällen sowie von Einbußen in der Qualität der medizinischen Versorgung. Vom Stromausfall sind auch Patienten in Krankenhäusern und Pflegebedürftige/Personen in häuslicher Pflege betroffen, die geringe Selbsthilfefähigkeit haben und z. T. auf spezielle Diätkost angewiesen sind. Hier treten zusätzliche (z. B. kälte- und stressbedingten) Erkrankungen auf. Auch in der Allgemeinbevölkerung gibt es Erkrankungen infolge des Stromausfalls und der erschwerten Lebensbedingungen. Hierzu zählen beispielsweise Erkältungs- und Herz-Kreislaufkrankheiten aufgrund der kühlen Witterung sowie Erkrankungen infolge von Stress und Einschränkungen in der Hygiene.
- Arztpraxen und Krankenhäuser in den nicht vom Stromausfall betroffenen Gebieten sind überfüllt und zusätzliches Personal ist in erheblichem Umfang erforderlich. Arzneimittel und Medizinprodukte sowie medizinische Geräte (insbesondere Beatmungs- und Dialysegeräte) werden zu Engpassressourcen.
- Zudem können Erkrankungen im Zusammenhang mit gewässerhygienischen Aspekten und möglichen Folgewirkungen auftreten.

#### Schadensparameter: Hilfebedürftige (M<sub>3</sub>)

##### Zuordnung gemäß aktueller Klassifikation:

Klasse E: > 1.000.000 Hilfebedürftige für > 1 Woche oder > 100.000 für > 1 Monat

##### Ermittlung Schadensausmaß:

- a) Sturmflutbedingt: ca. 15.000 Hilfebedürftige, z. T. längerfristig  
Herleitung:

Einwohner im potentiell überflutungsgefährdeten Gebiet: ca. 2 Mio.

- vereinfachte Annahme: davon 150.000 Einwohner von Überflutung betroffen; Evakuierung erforderlich
- vereinfachte Annahme: davon kommen 90 % privat unter, so dass 10 % in Notunterkünften untergebracht werden müssen, mitunter auch über längere Zeiträume: ~ 15.000 Hilfebedürftige

- b) Sturmbedingt: ca. 12.000 Hilfebedürftige  
Herleitung:

Einwohner der Gebiete mit Windspitzen > 42 m/s: ca. 23 Mio.

- vereinfachte Annahme analog zur Risikoanalyse Wintersturm: davon müssen 0,5 % ihre Wohnstätte aufgrund von Sturmschäden verlassen: ~ 115.000)
- vereinfachte Annahme: davon kommen ca. 90 % privat unter, so dass ca. 10 % in Notunterkünften untergebracht werden müssen: ~ 12.000 Hilfebedürftige

- c) Stromausfallbedingt: > 3 Mio. Hilfebedürftige für > 1 Woche  
Herleitung:

Einwohner in Stromausfallgebieten: ca. 6,3 Mio.

Im Zuge der sukzessiven Wiederherstellung der Stromversorgung nimmt diese Zahl im zeitlichen Verlauf ab

- vereinfachte Annahmen:
  - unmittelbar: mehr als 6 Mio. vom Stromausfall Betroffene
  - nach 24 Stunden: mindestens 4,8 Mio. vom Stromausfall Betroffene
  - nach 1 Woche: mindestens 3 Mio. vom Stromausfall Betroffene
  - noch nach 3 Wochen: mindestens 600.000 vom Stromausfall Betroffene

**Zugrunde gelegte Annahmen:**

- Betrachtet werden hier Personen, die durch das Ereignis ohne Obdach sind oder in einer anderen Form der staatlichen Hilfe für das physische Überleben bedürfen.
- Menschen sind infolge von Sturmflut, Sturm und Stromausfall hilfebedürftig. Hierzu zählen sowohl Menschen, die durch Beschädigung oder Zerstörung ihrer Wohnstätten obdachlos sind, als auch Personen, die aufgrund potentieller oder tatsächlicher Überflutung sowie aufgrund des Stromausfalls (Versorgungsunterbrechungen, z. B. durch Ausfall der Trinkwasserversorgung und Abwasserbeseitigung) evakuiert werden müssen oder in anderer Form auf staatliche Hilfe angewiesen sind. Dies vielfach auch über einen längeren Zeitraum.
- Notunterkünfte müssen eingerichtet und unterhalten werden. Hier sind auch Evakuierungen von Krankenhäusern, Seniorenheimen usw. zu berücksichtigen. Auch „Gestrandete“ an Flughäfen/Bahnhöfen sind ggf. unterzubringen.
- Für die vom Stromausfall betroffenen Menschen bricht die Versorgung mit Lebensmitteln über übliche Bezugswege in Teilen zusammen. Ausweichmöglichkeiten (Verlassen der Schadensgebiete, Einkaufen in nicht vom Stromausfall betroffenen Gebieten, Versorgung über Verwandte/Bekannte) bestehen auf Grund der umfassenden Schadens-/Gefährdungslage nur begrenzt. Dies gilt insbesondere für das großräumige Stromausfallgebiet und für die überfluteten Gebiete im Nordwesten Deutschlands. Die Menschen müssen auf Haushaltsvorräte zurückgreifen, die im besten Fall für drei bis fünf Tage reichen. Allerdings muss davon ausgegangen werden, dass in vielen Haushalten keine oder kaum geeignete Lebensmittel zur Selbstversorgung bevorratet werden. Die Zubereitung (Erwärmen, Erhitzen von Speisen und Trinkwasser) ist nur in vereinzelten Haushalten möglich. Dort, wo die Wasser und Stromversorgung ausfallen, wird die Einhaltung der erforderlichen Küchenhygiene zusätzlich erschwert.
- Bei Ausfall von Kühl- und Gefrieranlagen im Handel als Folge der unterbrochenen Stromversorgung müssen die Einzelhandelsunternehmen die gekühlten Lebensmittel sofort mit Preisabschlag an die Verbraucher verkaufen. Die Abgabe von Kühlerzeugnissen, die keiner weiteren Zubereitung bedürfen sowie anderer verzehrfertiger Lebensmittel aus dem Regalbestand tragen zur Erstversorgung der Verbraucher im Schadensgebiet bei.
- Vom Stromausfall sind auch Patienten in Krankenhäusern und Pflegebedürftige/Personen in häuslicher Pflege betroffen, die geringe Selbsthilfefähigkeit haben und z. T. auf spezielle Diätkost angewiesen sind. Zudem ist bei Ausfall der Strom- und Wasserversorgung auch die Versorgung von Säuglingen und Kleinkinder im Alter von unter einem Jahr innerhalb kurzer Zeit problematisch. Bei der Zubereitung der Säuglingsnahrung muss die Hygiene unbedingt gewährleistet sein (Wasser in Trinkwasserqualität, ausreichendes Erhitzen des Wassers zur Zubereitung der Säuglingsnahrung, sowie Reinigung der Flaschen und Sauger). Unzureichende Ernährung und Hygiene in Verbindung mit Dehydrierung und Kälte führen zu erhöhten Erkrankungsraten insbesondere bei gesundheitlich geschwächten Menschen.
- Beeinträchtigungen der Gewässerhygiene können ebenfalls zu Hilfebedürftigkeit führen.

**Schadensparameter: Vermisste (M<sub>4</sub>)****Zuordnung gemäß aktueller Klassifikation:**

Klasse B: > 10 – 100 Vermisste

**Ermittlung Schadensausmaß:**

- a) Sturmflutbedingt: > 75 Vermisste  
Herleitung:

Einwohner im potentiell überflutungsgefährdeten Gebiet: ca. 2 Mio.

→ vereinfachte Annahme: davon 150.000 Einwohner von Überflutung betroffen; hinzu kommen Personen von außerhalb, die sich zur Zeit der Sturmflut in den betroffenen Gebieten aufhalten sowie Personen, die während der Sturmflut in Seenot geraten

→ vereinfachte Annahme: davon bleiben 0,05 % infolge des Ereignisses dauerhaft vermisst: > 75 Vermisste

- b) Sturmbedingt: ---

- c) Stromausfallbedingt: ---

**Zugrunde gelegte Annahmen:**

- Betrachtet werden hier Personen, die in Folge des Ereignisses als dauerhaft vermisst gelten.
- Infolge der Sturmflut kommen Menschen zu Tode, die dauerhaft vermisst bleiben (z. B. auf See).

**Schutzgut UMWELT****Schadensparameter: Schädigung geschützter Gebiete (U<sub>1</sub>)****Zuordnung gemäß aktueller Klassifikation:**

Klasse D: > 0,5 - 5 % der Gesamtfläche der geschützten Gebiete geschädigt

**Schadensausmaß:**

- a) Sturmflutbedingt: Schädigung von 0,03 % der Gesamtfläche der geschützten Gebiete  
Herleitung:<sup>119</sup>

Gesamtfläche der geschützten Gebiete in Deutschland: 250.000 km<sup>2</sup>

→ davon im potentiell überflutungsgefährdeten Gebiet des HW<sub>extrem</sub>: 1.500 km<sup>2</sup> (~ 0,6 % der Gesamtfläche);  
hinzu kommen mehr als 3.500 km<sup>2</sup> Wattenmeer (inklusive Geest, Marsch und Halligen)

→ vereinfachte Annahme: davon 15 % überflutet: 750 km<sup>2</sup> (~ 0,3 % der Gesamtfläche)

→ vereinfachte Annahme: davon wiederum 10 % geschädigt: 75 km<sup>2</sup> (~ 0,03 % der Gesamtfläche)

- b) Sturmbedingt: Schädigung von 1,4 % der Gesamtfläche der geschützten Gebiete  
Herleitung:<sup>120</sup>

Gesamtfläche der Geschützten Gebiete in Deutschland: 250.000 km<sup>2</sup>

→ davon in Gebieten mit Windspitzen > 42 m/s mit entsprechend schweren Schäden an der Vegetation: 67.000 km<sup>2</sup>  
(~ 27 % der Gesamtfläche)

→ vereinfachte Annahme analog zur Risikoanalyse Wintersturm: davon 5 % geschädigt: 3.400 km<sup>2</sup> (~ 1,4 % der Gesamtfläche)

- c) Stromausfallbedingt: ---

**Zugrunde gelegte Annahmen:**

- Betrachtet werden hier durch das Ereignis geschädigte Schutzgebiete (Naturschutzgebiete, Nationalparks, Biosphärenreservate, Landschaftsschutzgebiete, Naturparks) sowie Fauna (Wildtiere).
- Geschädigt bedeutet hier: menschliches Handeln ist notwendig, um die betroffenen Ökosysteme wieder herzustellen.
- Die sturmflutbedingte Überflutung führt zu Bodenerosion, Verschlammung, Ablagerung von Sedimenten, Entwurzelung von Vegetation, sowie zu Salz- und Schadstoffeintrag. Zudem verursacht sie Küstenerosion und Sandverluste (Erosion von Randedünen, Nordseeinseln). Hiervon ist auch der Nationalpark Wattenmeer betroffen.
- Morphologische Auenlandschaften mit ihrem natürlichen Überflutungsregime sind am ehesten in der Lage, die schädlichen Einwirkungen des Meerwassers zu kompensieren. Sie erfüllen eine „Nierenfunktion“, indem sie das Wasser reinigen und Nährstoffeinträge (Stickstoff und Phosphor) in die Nordsee reduzieren.
- Sturmflutbedingte Schädigung der Fauna:
  - Fische: infolge von Deichbrüchen, Einspülung in gesteuerte Polder usw. gelangen Fische aus dem Gewässerkörper in gewässerferne Bereiche, aus denen viele nach Rückgang der Überflutung nicht mehr in das Gewässer zurückfinden. Hiervon sind insbesondere auch Jungfische betroffen. Zudem werden durch morphologische Umverlagerungen im Uferbereich Aufzuchtbereiche nachteilig verändert.
  - Für Zugvögel, davon mehrere Arten internationaler Bedeutung, ist insbesondere das Wattenmeer wichtigstes Rastgebiet auf der Atlantikroute. Durch das Sturmereignis sind sie an der lebensnotwendigen Nahrungsaufnahme, zumindest vorübergehend, gehindert.

<sup>119</sup> GIS-Analyse/Datengrundlage: Geschützte Gebiete (BfN, 2013) verschnitten mit HW<sub>extrem</sub>-Fläche (WasserBLICK/BfG und Zuständige Behörden der Länder (07/2014)). 3.500 km<sup>2</sup> Wattenmeer (inklusive Geest, Marsch und Halligen): Auskunft BfN.

<sup>120</sup> GIS-Analyse/Datengrundlage: Geschützte Gebiete (BfN, 2013), verschnitten mit Sturm 1 (DWD, 2013).

- Reptilien: Lebensräume von Eidechsen (z. B. Deiche) werden zerstört.
- Großsäuger (Rehwild usw.): insbesondere bei Deichbrüchen und plötzlichen Flutungen der gesteuerten Polder (Einschränkung der Fluchtwege) können Tiere nicht rechtzeitig fliehen. Kleinsäuger ertrinken.
- Geschützte Gebiete werden nicht nennenswert durch Schadstoffe kontaminiert.
- Vielerorts treten Sturmschäden (insbesondere Windbruch) an Bäumen, Hecken, Buschwerk und freistehenden Pflanzen in geschützten Gebieten sowie damit verbundenen Beeinträchtigungen der Ökosysteme auf. Naturlandschaften und Kulturgebiete werden durch den Sturm großflächig geschädigt/vernichtet.

### Schadensparameter: Schädigung von Oberflächengewässern/Grundwasser (U<sub>2</sub>)

#### Zuordnung gemäß aktueller Klassifikation:

Klasse C: > 0,1 – 1 % der Gesamtfläche der Oberflächengewässer/des Grundwassers geschädigt

#### Ermittlung Schadensausmaß:

- a) Sturmflutbedingt: 0,2 % der Gesamtfläche der Oberflächengewässer/des Grundwassers geschädigt  
Herleitung:<sup>121</sup>  
Gesamtfläche der Oberflächengewässer in Deutschland beträgt 5.700 km<sup>2</sup>
- davon im potentiell überflutungsgefährdeten Gebiet des HW<sub>extrem</sub>: 220 km<sup>2</sup> (~ 3,9 % der Gesamtfläche)
  - vereinfachte Annahme: davon 15 % überflutet: 33 km<sup>2</sup> (~ 0,6 % der Gesamtfläche)
  - vereinfachte Annahme: davon wiederum 30 % geschädigt: 10 km<sup>2</sup> (~ 0,2 % der Gesamtfläche)
- b) Sturmbedingt: ---
- c) Stromausfallbedingt: > 0,01 – 0,1 % der Oberflächengewässer/des Grundwassers geschädigt  
Herleitung:
- analog zur Risikoanalyse Wintersturm, da der hier angenommene Stromausfall beinahe deckungsgleich ist.

#### Zugrunde gelegte Annahmen:

- Betrachtet werden hier durch das Ereignis geschädigte Oberflächengewässer (Flüsse, Kanäle, Bäche, Seen, Meer) sowie Grundwasser.
- Infolge von Überspülung und Deichbrüchen dringt Salzwasser in das Landesinnere und steht dort auf großen Flächen, mitunter mehrere Wochen lang.
- Die verschiedenen betroffenen Bereiche (z. B. natürliches Fließgewässer, staugeregelter Fluss, stehende Gewässer, natürliche Aue, Deichhinterland) haben unterschiedliche Regenerierungspotentiale. Daher tritt nicht in allen überfluteten Bereichen auch eine nachhaltige Schädigung der Gewässer ein.
- Oberflächengewässer werden durch den Eintrag von Salz(wasser) sowie durch mobilisierte und eingetragene Schadstoffe geschädigt. Schadstoffe werden z. B. durch oberflächennahe Erosions- und Abwaschungsprozesse, durch die Remobilisierung von belasteten Sedimenten sowie durch den Austausch von verunreinigtem Grund- und Oberflächenwasser eingetragen. Schadstoffquellen sind z. B. beschädigte Heizöltanks, Lager (Industrie, Kleinbetriebe, Tankstellen), Abraumhalden und Kläranlagen.
- Im Einstaubereich der Überflutungsflächen und durch den Austausch von Grund- und Oberflächenwasser werden Schadstoffe aus denselben Quellen wie bei den Oberflächengewässern in das Grundwasser (vertikal) eingetragen.
- Durch Überflutung und rücklaufendes Wasser werden auch Mündungsbereiche (Ästuare) der Ströme und küstennahe Bereiche der Meere durch Schadstoffeintrag belastet, mit entsprechenden Auswirkungen auf die Meeresumwelt.<sup>122</sup>

<sup>121</sup> GIS-Analyse/Datengrundlage: flächenförmig erfasste Fließgewässer sowie stehende Gewässer des DLM250 (BKG, 2014) verschnitten mit HW<sub>extrem</sub>-Fläche (WasserBLiCK/BfG und Zuständige Behörden der Länder (07/2014)).

- Hygienische Belastung der Gewässer: Mikroorganismen gehören zur natürlichen Lebensgemeinschaft der Gewässer. Es findet ein kontinuierlicher Eintrag über das Grund- und Oberflächenwasser sowie durch Verfrachtung auf dem Luftweg statt. Ferner gelangen Mikroorganismen durch die Einleitung von gereinigtem Abwasser aus Kläranlagen in die Gewässer. Da nicht alle Mikroorganismen optimal an den Lebensraum Wasser angepasst sind, stirbt ein Teil der Mikroorganismen bereits nach kurzer Zeit ab, ein Teil kann im Wasser längere Zeit (mehrere Wochen) überleben, sich jedoch nicht fortpflanzen und ein Teil der Mikroorganismen überlebt und kann sich fortpflanzen. Bei Starkniederschlägen kommt es durch verstärkte Abspülung von der Vegetation und vom Boden zu einem erhöhten Eintrag von Mikroorganismen in die Gewässer. Durch überlastete und überlaufende Kanäle bei Mischwasserkanalisationen (gemeinsame Ableitung von häuslichem Abwasser und Regenwasser in einem Abwasserkanal) sowie überlastete Kläranlagen kann mikrobiologisch stark belastetes Abwasser in die Gewässer gelangen. Durch die höhere Abflussmenge besteht indes auch ein stärkerer Verdünnungseffekt. Bei der Überflutung von Viehweiden, fäkal gedüngten Ackerflächen, Ställen und Kläranlagen gelangen u. U. Fäkalien direkt in das Wasser. Die Überschwemmung von Siedlungsflächen mit mikrobiologisch belastetem Wasser kann neben der unmittelbaren Gefahr für Leben und Eigentum auch ein gesundheitliches Risiko für Bewohner und Hilfskräfte durch wasserübertragene mikrobielle Krankheitserreger bedeuten.
- Die Veränderungen von Grundwasserständen, -strömungen und Einzugsgebiete können in Verbindung mit der Remobilisierung von Altlasten Brunnen zur Gewinnung von Trinkwasser und zur Gewinnung von Produktionswasser für die Lebensmittelgewinnung gefährden.
- Mit den unzureichenden Entsorgungsmöglichkeiten der großen Anzahl an Tierkadavern infolge von Überflutung und Stromausfall steigt das Ausbreitungsrisiko von Belastungen des Grundwassers.

#### Schadensparameter: Schädigung von Waldflächen (U<sub>3</sub>)

##### Zuordnung gemäß aktueller Klassifikation:

Klasse E: > 10 % der gesamten Waldfläche geschädigt

##### Ermittlung Schadensausmaß:

- a) Sturmflutbedingt: ≤ 0,01 % der gesamten Waldfläche geschädigt

Herleitung:<sup>123</sup>

Gesamtfläche der Waldflächen in Deutschland: 110.000 km<sup>2</sup>

→ davon im potentiell überflutungsgefährdeten Gebiet des HW<sub>extrem</sub>: 100 km<sup>2</sup> (~ 0,1 % der Gesamtfläche)

→ vereinfachte Annahme: davon 15 % überflutet: 15 km<sup>2</sup> (~ 0,01 % der Gesamtfläche)

→ nicht alle überfluteten Waldflächen werden geschädigt, so dass der Anteil unter 0,01 % liegt

- b) Sturmbeding: > 10 % der gesamten Waldfläche geschädigt

Herleitung:<sup>124</sup>

Gesamtfläche der Waldflächen in Deutschland: 110.000 km<sup>2</sup>

→ Zerstörung (d.h. 100 % Schädigung) von Waldflächen in Gebieten mit Windspitzen > 51 m/s: 2.300 km<sup>2</sup> (~ 2,1 % der Gesamtfläche)

→ schwere Schäden an mindestens 50 % der Wälder in T3-Gebieten (Windspitzen > 42 - 51 m/s): 12.000 km<sup>2</sup> (~ 11 % der Gesamtfläche)

→ Schäden geringeren Umfangs an Wäldern in T1/T2-Gebieten

- c) Stromausfallbedingt: ---

<sup>122</sup> Vgl. Nies u. a. 2003.

<sup>123</sup> GIS-Analyse/Datengrundlage: Wald (DLM250, BKG 2014) verschnitten mit HW<sub>extrem</sub>-Fläche (WasserBLiCK/BfG und Zuständige Behörden der Länder (07/2014)).

<sup>124</sup> GIS-Analyse/Datengrundlage: Wald (DLM250, BKG 2014), verschnitten mit Sturm 1 (DWD, 2013).

**Zugrunde gelegte Annahmen:**

- Eine Überflutung von Waldflächen bedeutet nicht unbedingt auch deren Schädigung. Generell ist das Ausmaß der Schädigung von Waldgebieten von zahlreichen Faktoren abhängig. Hierzu zählen sowohl externe Faktoren (Gelände, Standort, meteorologische Situation vor dem Sturm, Windrichtung, Jahreszeit) als auch waldbezogene Faktoren (Alter der Wälder, Pflegezustand des Waldes, Mischungsverhältnisse, Stabilität des Einzelbaumes).
- Waldflächen werden nicht nennenswert durch Schadstoffe infolge von Überflutung kontaminiert.
- An Laub-, Nadel- und Mischwald treten massive Schäden auf:<sup>125</sup>
  - 42,1 – 51,0 m/s: Zahlreiche Äste, auch starke und gesunde brechen; auch außerhalb der Vegetationszeit, in der Laubbäume unbelaubt sind. Auch stabile und gesunde Bäume werden vermehrt geworfen oder bereits gebrochen. Bereits erhebliche Schäden in stabilen Waldbeständen, wobei die stabilsten Individuen, aber auch Zwischen- und Unterständige, die nur wenig Windwiderstand bieten, überwiegend noch stehen bleiben.
  - 51,1 – 61,0 m/s: Auch stabile Bäume oder Waldbestände werden fast immer bzw. vollständig geworfen oder gebrochen. Großkronige Bäume werden, sofern besonders stabil verwurzelt, meistens gebrochen. Sofern Bäume noch stehen bleiben, wird die überwiegende Anzahl der Äste, auch die in unbelaubtem Zustand, abgerissen.
  - 61,1 – 71,0 m/s: Auch stabilste Gehölze, wie Randbäume, Wind erprobte Hecken, Büsche und Feldgehölze werden stark geschädigt oder bereits zerstört; entweder durch Entwurzeln (Herausreißen), Stamm- oder Kronenbruch oder durch Abreißen der überwiegenden Zahl der Äste, insbesondere fast allen Feinreisigs.
  - 71,1 – 82,0 m/s: Kein heimisches Holzgewächs übersteht - falls der Stamm stehen bleibt - solch einen Sturm ohne schwerste Schäden. Stehen bleibende Bäume werden weitgehend entastet.

**Schadensparameter: Schädigung landwirtschaftlicher Nutzfläche (U<sub>4</sub>)****Zuordnung gemäß aktueller Klassifikation:**

D: > 1 - 10 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche geschädigt

**Ermittlung Schadensausmaß:**

- a) Sturmflutbedingt: 3,5 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche geschädigt  
Herleitung:  
Gesamtfläche der landwirtschaftlichen Nutzfläche<sup>126</sup> in Deutschland beträgt ca. 190.000 km<sup>2</sup>
  - a. davon im potentiell überflutungsgefährdeten Gebiet des HW<sub>extrem</sub>: 6.700 km<sup>2</sup> (~ 3,5 % der Gesamtfläche)
  - b. vereinfachte Annahme: davon 15 % überflutet: 1.000 km<sup>2</sup> (~ 0,5 % der Gesamtfläche) sind durch Salzwassereinwirkung geschädigt.
- b) Sturmbedingt: bis zu 1 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche geschädigt  
Herleitung:  
Äste und andere auf Wiesen und Äcker gewehrte Gegenstände können die späteren Feldarbeiten behindern. Vereinzelt kommt es zu durch Starregen zu Erosion und Verschlammungen. Starke Schäden entstehen auf bis zu 1 % der landwirtschaftlichen Flächen
- c) Stromausfallbedingt: insgesamt ≤ 0,01 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche geschädigt  
Herleitung:  
Analog zur Risikoanalyse Wintersturm, da der hier angenommene Stromausfall beinahe deckungsgleich ist

<sup>125</sup> Vgl. Klassifikation nach Dotzek et al. (2005): TORRO- und Fujita-Skala Beschreibung, angepasst für Mitteleuropa.

<sup>126</sup> GIS-Analyse/Datengrundlage: Ackerland, Grünland, Gartenland, Obstplantage (BDLM, BKG, 2014) verschnitten mit HW<sub>extrem</sub>-Fläche (WasserBLICK/BfG und zuständige Behörden der Länder (07/2014)).

**Zugrunde gelegte Annahmen:**

- Landwirtschaftliche Nutzfläche wird durch Bodenerosion, Entwurzelung von Vegetation, Überflutung, Verschlammung und Schadstoffeintrag (Salz) geschädigt.
- Der Sturm verursacht keine nennenswerten Schäden an Acker-, Dauergrünlandflächen und Obstanlagen.
- Unter-Glas-Kulturen werden in erheblichem Umfang geschädigt. Besonders im wärmebedürftigen Zier- und Schnittpflanzenbereich kommt es zu hohen Verlusten in Folge von Stromausfall und Schäden an Gewächshäusern.
- Mit Blick auf die betroffenen Ackerflächen ist der Zeitpunkt der Überflutung so spät im Jahr, dass viele Flächen unbestellt sind. Die Vegetationsperiode beginnt jedoch kurz nach dem Ereignis, sodass einige Pflanzen im Jahr des Ereignisses nicht mehr angebaut werden können. Einige Flächen müssen leergepumpt werden, da Abfluss und Verdunstung nicht ausreichen, um die Wassermassen schnell zurückgehen zu lassen, was die Flächen auch über das Ereignis hinaus für einige Zeit unbenutzbar macht. Dort, wo Versalzung oder Kontaminationen auftreten, muss zunächst geprüft werden, ob und wann diese Flächen wieder nutzbar sind. Insgesamt ist nicht mit nennenswerten Mindererträgen der Landwirtschaft zu rechnen, da auch im normalen Betrieb mit jährlichen Produktionsschwankungen in Höhe von 2 - 3 %, teilweise sogar mit 10 % gerechnet wird.

**Schadensparameter: Schädigung von Nutztieren (Us)****Zuordnung gemäß aktueller Klassifikation:**

Klasse E: > 1,5 Millionen Großvieheinheiten geschädigt

**Ermittlung Schadensausmaß:**

- a) Sturmflutbedingt: mehrere hundert tote Nutztiere  
Herleitung:

Hier werden Nutztiere betrachtet, die unmittelbar durch Ertrinken bzw. längeres Stehen im Wasser betrachtet. Abschätzung unter Vermeidung einer Doppelzählung von Tieren, die unter c) erfasst sind.

- b) Sturmbedingt: einige tausend tote Nutztiere (z.B. durch Schäden an Stallungen)  
Herleitung:

Analog zur Risikoanalyse Wintersturm, da angenommene Windspitzen für die Nordhälfte Deutschlands hier identisch sind.

- c) Stromausfallbedingt: mehrere Millionen tote Nutztiere  
Herleitung:

Analog zur Risikoanalyse Wintersturm, da der hier angenommene Stromausfall beinahe deckungsgleich ist.

**Zugrunde gelegte Annahmen:**

- Im Vergleich zu den zu erwartenden Verlusten durch den Sturm und den Stromausfall sind die Schäden der Flut verhältnismäßig gering.
- Eine vorsorgliche Evakuierung von Tierbeständen aus dem potentiell gefährdeten Gebiet ist nicht möglich, da dieses zu groß ist und konkret mit nur einer kleinen betroffenen Fläche zu rechnen ist. Rinder werden wo möglich nach Deichbrüchen an sichere Standorte verbracht. Der Sturm verursacht Schäden an Stallungen, Lagereinrichtungen wie Silos, landwirtschaftlichen Fahrzeugen und Maschinen sowie Gewächshausanlagen. Zerstörung und Schäden an Stallanlagen und -technik führen zur Tötung, Verletzung und schweren/tödlichen Erkrankung von Nutztieren. Letzteres betrifft insbesondere Geflügel- und Schweinebestände, die in klimatisierten Ställen gehalten werden (müssen) und bei winterlichen Außentemperaturen nicht überlebensfähig sind.
- Die Auswirkungen des Stromausfalls auf die Tierhaltung sind extrem, da auch die viehstärksten Regionen Deutschlands betroffen sind. Insgesamt steht ein Viertel des bundesdeutschen Nutztierbestandes in den Stromausfallgebieten, dies entspricht ca. 3,3 Mio. Großvieheinheiten (GV). In absoluten Tierzahlen sind dies ca. 11 Mio. Rinder und Schweine sowie ca. 40 Mio. Stück Geflügel.

Akut gefährdet sind technikintensive und technikabhängige Milchkuh-, Geflügel- und Schweinehaltungen. In den

Stromausfallgebieten reichen die in der Landwirtschaft vorhandenen Notstromversorgungskapazitäten nicht, um die für die Gesundheit und das Überleben der Tiere unverzichtbare Versorgungsleistungen wie Klimatisierung, automatische Verteilung von Futter und Wasser und insbesondere den Betrieb der Melkstände aufrecht zu erhalten (Notstromaggregate nicht vorhanden bzw. Treibstoffversorgung nicht auf längere Ausfallzeiten ausgelegt). Nur ein Teil dieser Prozesse kann ersatzweise manuell durchgeführt werden, zudem ist die öffentliche Wasserversorgung eingeschränkt und die Wasserverteilung innerhalb der Betriebe fällt vielfach aus, da ihre Steuerung auf Strom angewiesen ist. Auch Mischfutterlieferungen fallen aus.

- Viele Tiere sterben an Stress, Krankheit, Verletzungen oder Unterversorgung bzw. müssen auf Weisung der Veterinärbehörden getötet werden. Aus Gründen der (Tier-)Seuchenprävention müssten die Kadaver zeitnah abtransportiert und den Tierkörperbeseitigungsanstalten (TKBA) zugeführt werden. Dies ist aber mit den noch verfügbaren Kapazitäten (Transportorganisation, TKBA-Leistung) nicht mehr gewährleistet. Soweit möglich werden die Kadaver behelfsmäßig entsorgt (Vergraben in ausreichender Tiefe, Kalken). Mit den unzureichenden Entsorgungsmöglichkeiten steigt das Ausbreitungsrisiko von (Tier-)Seuchen.

**Schutzgut VOLKSWIRTSCHAFT****Schadensparameter: Auswirkungen auf die öffentliche Hand (V<sub>1</sub>)****Zuordnung gemäß aktueller Klassifikation:**

Klasse D: Durch das Ereignis verursachte Kosten für die öffentliche Hand haben einen so großen, überregionalen bis bundesweiten Umfang, dass der Bund aufgrund seiner gesamtstaatlichen Verantwortung kurz- bis mittelfristig begrenzte Finanzmittel zur Verfügung stellen muss. Umschichtungen im Haushalt können den Mittelbedarf nicht abdecken, ein Nachtragshaushalt auf Bundesebene muss verabschiedet werden. Das EU-Hilfsprogramm kann in Anspruch genommen werden.

**Ermittlung Schadensausmaß: qualitativ****Zugrunde gelegte Annahmen:**

- Sowohl durch die Sturmflut als auch durch den Sturm werden vielerorts Gebäude und Infrastrukturen beschädigt oder zerstört.
- In der Regel ist die öffentliche Infrastruktur (Verkehrswege, Brücken, Bahnhöfe usw.) nicht versichert und der Wiederaufbau bzw. die Reparaturmaßnahmen belasten sofort die öffentlichen Haushalte.
- Die Kosten für den Wiederaufbau staatseigener Einrichtungen (Schienennetz, Straßen, Brücken, Gebäude) sowie die Gesamtkosten für den Einsatz zur Ereignisbewältigung haben überregionalen bis bundesweiten Umfang. Hinzu kommen Kosten für Wiederaufbauhilfen sowie für Instandsetzung von Schutzbauten (z. B. Deichen) und Anlagen für die Schifffahrt (z. B. Schleusen, Pumpwerke, Fahrrinnenwiederherstellungen, Häfen).
- Die durch die Sturmflut verursachten Elementarschäden an privatem Eigentum sind aktuell überwiegend nicht versichert. In der Folge ist zu erwarten, dass die vom Ereignis betroffenen Bürgerinnen und Bürger den Staat in Haftung nehmen und Hilfeleistungen einfordern werden. Künftig könnte sich dies ändern, da seit September 2014 erstmals eine Gebäudeversicherung für Elementarschäden an privatem Eigentum in Folge von Sturmflutereignissen angeboten wird.<sup>127</sup>
- Ein Nachtragshaushalt muss verabschiedet werden, EU-Hilfen werden in Anspruch genommen.

**Schadensparameter: Auswirkungen auf die private Wirtschaft (V<sub>2</sub>)****Zuordnung gemäß aktueller Klassifikation:**

Klasse C: Durch das Ereignis verursachte Kosten für die Privatwirtschaft haben einen überregionalen Umfang und ein Teil der betroffenen Unternehmen kann diese nicht aus eigener Kraft tragen. Kurz- bis mittelfristige Umsatzausfälle sind für die betroffenen Branchen bzw. Firmen zu erwarten. Einige Firmen gehen in die Insolvenz, weitere Firmen sind von Insolvenz bedroht; in einigen Branchen sind kurzfristige überregionale Auswirkungen (Zulieferfirmen) festzustellen.

**Ermittlung Schadensausmaß: qualitativ****Zugrunde gelegte Annahmen:**

- Sowohl durch die Sturmflut als auch durch den Sturm werden vielerorts Gebäude und Produktionsstätten und Gewerbeflächen beschädigt oder zerstört.

<sup>127</sup> Die Itzehoer ist der erste deutsche Anbieter, der Wohngebäude auch gegen Sturmflutschäden absichert. Vgl. [http://www.itzehoer.de/de/metanavigation/presse/pressemeldungen/pressemeldung\\_50304.jsp](http://www.itzehoer.de/de/metanavigation/presse/pressemeldungen/pressemeldung_50304.jsp) (zuletzt abgerufen am 09.10.2014).

- Durch die Schäden sowie infolge des Stromausfalls kommt es zur Unterbrechung von Produktionsketten und entsprechenden Einbußen an wirtschaftlicher Leistung.
- Die durch Sturmflut, Sturm und Stromausfall verursachten Kosten für die Privatwirtschaft (Investitionskosten für Wiederaufbau, Umsatzausfälle usw.) haben einen erheblichen, überregionalen Umfang. Ein Großteil der betroffenen Unternehmen kann diese nicht aus eigener Kraft tragen.
- Für die betroffenen Branchen bzw. Firmen sind langfristige Umsatzausfälle zu erwarten. Eine Vielzahl an Firmen geht in die Insolvenz, viele weitere Firmen sind von Insolvenz bedroht; in einigen Branchen sind bundesweite Auswirkungen (Zulieferfirmen) festzustellen.
- Sturmschäden (ab Windstärke 8) sind in Deutschland i.d.R. Bestandteil der Wohngebäudeversicherung bzw. bei zerstörten Gegenständen (Möbel usw.) der Hausratversicherung. Somit sind die Wiederaufbau- bzw. Wiederbeschaffungsmaßnahmen an Gebäuden abgedeckt.

Gleiches gilt für Schäden an Kraftfahrzeugen, die über die Teilkasko-Versicherung abgedeckt sind.

- Anders sieht dies bei Produktions- und entsprechenden Einnahmeausfällen aus. Für den Großteil der niedersächsischen Großbetriebe dürfte beispielsweise der Verlust an Vieh (Rinder, Kühe, Schweine, Geflügel) existenzgefährdend sein, sofern keine staatlichen Unterstützungsmaßnahmen erfolgen. Ebenso trifft dies Betriebe aus dem Bereich Transport- und Verkehr (abgesehen von Großunternehmen wie DB AG) und diverse kleinerer Zulieferbetriebe, die auf Grund stillstehender Produktion bzw. eigener nicht versicherter Schäden von Insolvenz bedroht sind.
- Größte Schäden sind aufgrund der besonders hohen Windgeschwindigkeiten im nordwestdeutschen Küstenbereich zu erwarten. Hier sind insbesondere für einzelne Sektoren im landwirtschaftlichen Bereich (z. B. Tierproduktion) besonders große Auswirkungen anzunehmen. Insbesondere im Unterglasanbau und im Bereich technischer Einrichtungen in der Landwirtschaft ist mit immensen Schäden zu rechnen.
- Ausgleichend zu den unmittelbar und mittelbar betroffenen Branchen darf der volkswirtschaftlich ausgleichende Faktor des Wiederaufbaus durch Handwerkerbetriebe und Bauunternehmen nicht außer Acht gelassen werden. Eine Rezession scheint auf Grund der Dauer des Ereignisses und der Zug um Zug innerhalb eines Monats wiederhergestellten Stromversorgung kaum zu drohen.
- Es ist davon auszugehen, dass der Bund die Bürger und Unternehmen in den vom Sturm betroffenen Gebieten durch eine Beteiligung an dann aufgelegten Soforthilfeprogrammen der Länder unterstützt. Dazu zählen Arbeitsmarkt- und Sonderkreditprogramme, steuerliche Maßnahmen sowie die vorübergehende Aussetzung von Insolvenzregelungen. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass ein Fonds "Aufbauhilfe" als Sondervermögen des Bundes eingerichtet wird. Das Geld soll zur wirksamen Beseitigung der Sturmschäden sowie zum Wiederaufbau der Infrastruktur eingesetzt werden.<sup>128</sup>

#### Schadensparameter: Auswirkungen auf die privaten Haushalte (V3)

##### Zuordnung gemäß aktueller Klassifikation:

Klasse C: > 40.000 - 200.000 Haushalte betroffen

##### Ermittlung Schadensausmaß:

- a) Sturmflutbedingt: ca. 9.000 Haushalte betroffen  
Herleitung:

- In den von Überflutung betroffenen Gebieten leben ca. 150.000 Menschen; das entspricht ca. 75.000 Haushalten<sup>129</sup>
- vereinfachte Annahme: Von diesen haben 30 % Schäden zu bewältigen (physische Beschädigung/Zerstörung der Bausubstanz, Probleme mit Feuchtigkeit/Schimmel, beschädigter/zerstörter Hausrat) → 22.500 Haushalte
- vereinfachte Annahme: 40 % davon verfügen über ein Nettogeldvermögen unter 10.000 Euro<sup>130</sup> und können den Wiederaufbau nicht (ausschließlich) mit eigenen Mitteln finanzieren → 9.000 Haushalte

<sup>128</sup> BMI, Hochwasser Fluthilfe 2013 in Höhe von 8 Mrd. Euro.

<sup>129</sup> Durchschnittsgröße Haushalt in 2012 laut DESTATIS: 2,01

- b) Sturmbedingt: ca. 115.000 Haushalte betroffen  
Herleitung:
- In Gebieten mit Windspitzen > 42 m/s leben 23 Mio. Menschen; das entspricht ca. 11,5 Mio. Haushalten
  - Annahme: hiervon können 1 % die Wiederherstellung nicht aus eigener Kraft bewältigen: 115.000 Haushalte
- c) Stromausfallbedingt: ---

**Zugrunde gelegte Annahmen:**

- Betroffen bedeutet hier: Haushalte, die die Wiederherstellung nicht aus eigener Kraft bewältigen können.
- Schaden an Hausrat kann in vielen Fällen durch rechtzeitige Umlagerung vermieden werden, höher gelegene Wohnungen sind generell weniger stark betroffen.
- Allein durch den Sturm treten an Wohngebäuden, Fahrzeugen usw. massive Schäden auf:<sup>131</sup>
  - 42,1 – 51,0 m/s: Zahlreiche Wohnwagen und Anhänger werden umgeworfen. Ziegel- und ungesicherte Flachdächer erleiden größere Schäden. Mittelschwere Schäden an Leichtbauten; einzelne Schäden an strukturellen Elementen von Massivbauten. Fahrende Autos werden von der Straße gedrückt.
  - 51,1 – 61,0 m/s: Große Schäden an Fahrzeugen und Anhängern. Hohe Gefährdung und Schäden durch herum fliegende Teile. Ganze Dächer werden abgedeckt. Schwere Schäden an Leichtbauten; zunehmend Schäden an strukturellen Elementen von Massivbauten, Einsturz von Giebelwänden möglich.
  - 61,1 – 71,0 m/s: Schwere Schäden an Dächern und Anbauten sowie an Leichtbauten. Weiter zunehmende Schäden an strukturellen Elementen von Massivbauten. Vollständiger Einsturz einzelner Gebäude, vor allem landwirtschaftlich genutzter Konstruktionen und Lagerhallen. Kraftfahrzeuge werden hochgehoben.
  - 71,1 – 82,0 m/s: Leichtbauten werden in größerem Umfang zerstört. Schwere Schäden an strukturellen Elementen von Massivbauten. Einsturz einzelner Gebäude. Schwere Kraftfahrzeuge werden hochgehoben und umgeworfen.
- Sturmschäden (ab Windstärke 8) sind in Deutschland i.d.R. Bestandteil der Wohngebäudeversicherung bzw. der Hausratversicherung, wodurch die Wiederaufbau- bzw. Wiederbeschaffungsmaßnahmen an Gebäuden/Hausrat abgedeckt sind. Gleiches gilt für Schäden an Kraftfahrzeugen, diese sind über die Teilkasko-Versicherung abgedeckt. Gleichwohl bleiben wirtschaftliche Verluste, da z. B. Verluste an Gegenständen, die über die Hausratversicherung abgedeckt sind, i.d.R. nicht zum Neuwert sondern zum Zeitwert reguliert werden.
- Die durch die Sturmflut verursachten Elementarschäden an privatem Eigentum sind aktuell nicht versicherbar, da von der Versicherungswirtschaft keine diesbezüglichen Versicherungen angeboten werden. Die betroffenen Bürgerinnen und Bürger sind auf staatliche Hilfeleistungen angewiesen. Um die Folgen für die privaten Haushalte abzumildern, wird ein umfangreicher Hilfsfond eingerichtet, über den ein großer Teil der Belastungen abgefedert werden kann; weitere Entlastung werden Spendenaufrufe zugunsten der Betroffenen erbringen. Die entstandenen Schäden an Privateigentum (Wohngebäude, Hausrat usw.) werden gleichwohl nicht eins zu eins ersetzt werden können. Dies ist insbesondere für Menschen problematisch, die Immobilien und anderen Besitz fremdfinanziert und keine entsprechenden Rücklagen haben (Kredite, Hypotheken usw.).

<sup>130</sup> gl. DESTATIS, Geld- und Immobilienvermögen sowie Schulden privater Haushalte 2008, Blatt Ü3.1c.

<sup>131</sup> Vgl. Klassifikation nach Dotzek et al. (2005): TORRO- und Fujita-Skala Beschreibung, angepasst für Mitteleuropa.

**Schutzgut IMMATERIELL****Schadensparameter: Auswirkungen auf die öffentl. Sicherheit und Ordnung (I<sub>1</sub>)****Zuordnung gemäß aktueller Klassifikation:**

Klasse E: Aufrechterhaltung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung ist überregional bis bundesweit gefährdet.

**Ermittlung Schadensausmaß: qualitativ****Zugrunde gelegte Annahmen:**

- Die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere der Schutz von Leib und Leben der Bevölkerung, ist nur durch den Einsatz eines massiven Aufgebotes von Hilfskräften möglich, die aus dem gesamten Bundesgebiet heraus alarmiert werden müssen.
- Polizei, Feuerwehr und sonstige Einsatzkräfte haben eine Vielzahl an Einsätzen zu bewältigen.
  - Allein für die unmittelbare Bewältigung des Sturmereignisses ist bundesweit flächendeckend ein massives Aufgebot an Hilfskräfte erforderlich.
  - In akut überflutungsgefährdeten Gebieten muss kurzfristig eine Vielzahl an Personen evakuiert werden, müssen Polizeikräfte Absperrungen einrichten/bewachen und auch in evakuierten Gebieten ein Mindestmaß an Präsenz zeigen, um die Zahl möglicher Einbrüche zu reduzieren bzw. bei Eigengefährdung desorientierter Personen schnell eingreifen zu können.
  - In den vom Stromausfall betroffenen Gebieten ist ein massiver Einsatz von Polizei, Feuerwehr und sonstiger Einsatzkräften notwendig, um beispielsweise die Kommunikation mit der Bevölkerung und die Versorgung mit lebensnotwendigen Gütern sicherzustellen.
- Insbesondere zur Abmilderung der Folgen der Stromausfälle und zur Sicherstellung der Versorgung der Bevölkerung müssen Kräfte aus dem ganzen Bundesgebiet sowie aus dem Ausland herangezogen werden (z. B. Experten/Material für die Wiederherstellung der Strominfrastruktur).<sup>132</sup>
- Die Bundeswehr leistet im gesamten Einsatzgebiet Amtshilfe.
- Hilfe aus dem Ausland wird in Anspruch genommen und über das Emergency Response Coordination Centre (ERCC) aktiviert. Aus ebenfalls durch das Ereignis betroffenen Staaten können ggf. keine Hilfskräfte entsandt werden.
- Die Ressourcenkoordination erfolgt auf Anfrage einiger Bundesländer im Gemeinsamen Melde- und Lagezentrum von Bund und Ländern (GMLZ).
- Aufgrund der bundesweiten Relevanz der Lage werden der Krisenstab des BMI sowie die Interministerielle Koordinierungsgruppe eingerichtet, um die örtlichen Entscheidungsträger zu unterstützen.

**Schadensparameter: Politische Auswirkungen (I<sub>2</sub>)****Zuordnung gemäß aktueller Klassifikation:**

Klasse E: Sehr große politische Auswirkungen bis auf Bundesebene.

**Ermittlung Schadensausmaß: qualitativ****Zugrunde gelegte Annahmen:**

- Das Ereignis und die durch Sturm, Sturmflut und Stromausfall verursachten Schäden und Auswirkungen haben sehr große politische Auswirkungen bis auf Bundesebene. Hier wird auch von besonderen Gesetzen/Verordnungen für Krisenlagen Gebrauch gemacht (z. B. Vorsorgegesetze).

<sup>132</sup> Zum Wiederaufbau des Stromnetzes nach Lothar/Martin in Frankreich mussten bspw. 650 km Kabel von Italien nach Frankreich geflogen werden, wofür 14 Transportmaschinen eingesetzt wurden (Quelle: RMS: Windstorms Lothar and Martin, S. 13).

- Die von den Behörden vor, während und nach dem Ereignis getroffenen Maßnahmen werden von den Medien und der Öffentlichkeit mit großem Interesse verfolgt. Aus der wahrgenommenen Bewältigungs- und Kommunikationsfähigkeit der verantwortlichen Ebenen ergeben sich politische Konsequenzen.
- Das Ereignis und seine Folgen beherrschen die Berichterstattung in lokalen, überregionalen und bundesweiten Medien. Die Medien werfen einigen politisch Verantwortlichen auf kommunaler und Landesebene ein fehlerhaftes Krisenmanagement vor, vielfach auch in Fällen, in denen diese Vorwürfe objektiv nicht gerechtfertigt sind.
- Der Bundesminister des Innern gibt eine Stellungnahme zum Krisenmanagement aus gesamtstaatlicher Sicht ab. Insbesondere mit Blick auf den Stromausfall und die umfassenden Versorgungsengpässe wird starke Kritik an einigen Ressorts auf Bundesebene geübt (z. B. BMI, BMWi, BMVI, BMUB, BMEL).
- In einigen Städten und Kreisen kommt es zu Rücktrittsforderungen gegen Bürgermeister bzw. Landrat. Art und Weise der Krisenbewältigung, aber auch im Vorfeld bestehende Planungen (z. B. hinsichtlich der Ausweisung von Siedlungs- und Gewerbeflächen) werden Gegenstand der Sitzungen von Stadträten und Kreistagen, auch Landtage beschäftigen sich mit der Thematik.

### Schadensparameter: Psychologische Auswirkungen (I<sub>3</sub>)

#### Zuordnung gemäß aktueller Klassifikation:

Klasse C: > 1.000.000 - 10.000.000 Personen betroffen

#### Ermittlung Schadensausmaß:

a) Sturmflutbedingt: mehrere Tausend Personen betroffen

Herleitung:

Einwohner im potentiell überflutungsgefährdeten Gebiet: ca. 2 Mio.

→ vereinfachte Annahme: davon 150.000 Einwohner von Überflutung und Evakuierung betroffen; hier sind psychologische Auswirkungen zu erwarten

→ Darüber hinaus werden auch psychologische Auswirkungen auf mehrere Tausend Menschen angenommen, die zwar nicht unmittelbar durch den Stromausfall betroffen sind, jedoch mittelbare hierdurch belastet werden (z.B. Sorge um Angehörige, Trauer infolge von Verlusten)

b) Sturmbedingt: ---

c) Stromausfallbedingt: mehrere Mio. Personen betroffen

Herleitung:

→ Annahme: noch nach 3 Wochen sind mindestens 600.000 Menschen ohne Strom; hier sind psychologische Auswirkungen zu erwarten

→ Darüber hinaus werden auch psychologische Auswirkungen auf mehrere Mio. Menschen angenommen, die zwar nicht unmittelbar durch den Stromausfall betroffen sind, jedoch mittelbare hierdurch belastet werden (z.B. Sorge um Angehörige, Trauer infolge von Verlusten)

#### Zugrunde gelegte Annahmen:

- Betrachtet wird hier das Ausmaß der Auswirkungen des Ereignisses auf das Empfinden/Verhalten der Bevölkerung, dies umfasst verändertes Arbeits-, Sozial- und Konsumverhalten.
- Das Ereignis hat sowohl auf unmittelbar von Überflutung und/oder Stromausfall Betroffene als auch auf die Gesamtbevölkerung psychologische Auswirkungen. Für viele Menschen bedeutet das Ereignis Stress und Belastung, auch wenn sie nicht unmittelbar betroffen sind (z. B. Sorge um Angehörige).
- Das Ereignis führt teils zu erheblichen Einschränkungen und entsprechenden Auswirkungen auf das Arbeits-, Sozial- und Konsumverhalten, da z. B. Verkehrsmittel nicht mehr fahren und die Mobilität eingeschränkt ist.
- Viele Menschen nehmen das Ereignis sehr ernst und beschäftigen sich intensiv damit, sei es durch unmittelbare Betroffenheit als Bewohner des Überflutungsgebietes bzw. der nahen Nachbarschaft, die Sorge um Verwandte oder Bekannte

in den überfluteten Gebieten, die Heranziehung als Helfer oder die Aufnahme Evakuierter sowie aufgrund der gefühlten katastrophalen Ausmaße des Ereignisses.

- Bei Bürgerhotlines, Polizei und Feuerwehr gehen verstärkt Anrufe ein, sodass das Personal deutlich verstärkt werden muss.
- Ferner ist davon auszugehen, dass ein - noch nicht da gewesenes - Extremereignis andere psychologische Auswirkungen hat, als regelmäßig auftretende/bekanntere Hochwasser- und Sturmflutereignisse. Gegebenenfalls sind erhebliche psychologische Auswirkungen zu erwarten (Langzeit-Wirkungen). Hier kommt auch die grundlegende Problematik eines oft fehlenden Gefahren-/ Risikobewusstseins in der Bevölkerung zum Tragen („Deich-Effekt“<sup>133</sup> und „Vollkasko-Mentalität“).

#### Schadensparameter: Schädigung von Kulturgut (I<sub>4</sub>)

##### Zuordnung gemäß aktueller Klassifikation:

Klasse E: > 1 % der als Kulturgut gemäß Haager Konvention gekennzeichneten Bauwerke beschädigt/zerstört

##### Ermittlung Schadensausmaß:

- a) Sturmflutbedingt: mindestens 0,3 % der erfassten Objekte beschädigt/zerstört  
Herleitung:<sup>134</sup>

Bundesweit erfasste Objekte des UNESCO-Weltkulturerbes bzw. nach strenger Auswahl: ca. 2000

→ davon im potentiell überflutungsgefährdeten Gebiet des HW<sub>extrem</sub>: 40 Objekte (~ 2 %)

→ davon 15 % beschädigt/zerstört: 6 Objekte (~ 0,3 %)

- b) Sturmbedingt: mindestens 4,5 % der erfassten Objekte beschädigt/zerstört  
Herleitung:<sup>135</sup>

Bundesweit erfasste Objekte des UNESCO-Weltkulturerbes bzw. nach strenger Auswahl: ca. 2000

→ davon in Gebieten mit Windspitzen > 42 m/s: 600 Objekte (~ 30 %)

→ Annahme analog zur Risikoanalyse Wintersturm: mindestens 5 % z. T. stark beschädigt : > 90 Objekte (~ 4,5 %)

- c) Stromausfallbedingt: ---

##### Zugrunde gelegte Annahmen:

- In den überfluteten Gebieten werden historische Gebäude, Denkmäler und sonstige Kulturgüter beschädigt oder zerstört.
- Auch durch den Sturm werden Kulturgüter beschädigt oder zerstört.

<sup>133</sup> „Der sogenannte „Deicheffekt“ beschreibt ein Defizit an Risikowahrnehmung bzw. die Illusion einer absoluten Sicherheit gegen Überflutung hinter dem Deich.“  
(Vgl. [http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/364/publikationen/kompass\\_themenblatt\\_kuestenschutz\\_net.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/364/publikationen/kompass_themenblatt_kuestenschutz_net.pdf), zuletzt abgerufen am 09.10.2014).

<sup>134</sup> GIS-Analyse/Datengrundlage: Historische Denkmale, Kulturdenkmale und Baudenkmale gemäß UNESCO-Liste des Kultur- und Naturerbes der Welt (DLM250, BKG, 2014), verschnitten mit HW<sub>extrem</sub>-Fläche (WasserBLIcK/BfG und Zuständige Behörden der Länder (07/2014)).

<sup>135</sup> GIS-Analyse/Datengrundlage: Objekte des UNESCO-Weltkulturerbes bzw. nach strenger Auswahl (DLM250, BKG, 2014), verschnitten mit Gebieten mit Windspitzen > 42 m/s (DWD).

#### IV. Literatur/weiterführende Informationen

- Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung (18. Ausschuss) gemäß § 56a der Geschäftsordnung: Technikfolgenabschätzung (TA). TA-Projekt: Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen und langandauernden Ausfalls der Stromversorgung. In: Verhandlungen des Deutschen Bundestages: Drucksachen - (2011), 17/5672 vom 27.4.2011.
- Bericht des vom Senat der Freien und Hansestadt Hamburg berufenen Sachverständigenausschusses zur Untersuchung des Ablaufs der Flutkatastrophe. Hamburg 1962.
- BMU: EU Stresstest - National Report of Germany. 2011.
- Bork, I., S. H. Müller-Navarra: Sturmflutsimulationen. In: Modellgestützte Untersuchungen zu Sturmfluten mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten an der Deutschen Nordseeküste (Abschlussbericht MUSE, bmbf-Förderkennzeichen 03KIS039). Hamburg 2005.
- BSH (Hrsg.): Gezeitenkalender 2015, Hoch- und Niedrigwasserzeiten für die Deutsche Bucht und deren Flussgebiete. Hamburg 2011.
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Medizin: Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA). 2013. (<http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Biologische-Arbeitsstoffe/TRBA/TRBA-100.html>, zuletzt abgerufen am 26.09.2014)
- Bütow, Hans: Die große Flut in Hamburg. Eine Chronik der Katastrophe vom Februar 1962. Hamburg. Hamburg 1970.
- Büro für Atomsicherheit: Stellungnahme zum „Stresstest“ der Reaktorsicherheitskommission vom 17.05.2011. 2011.
- Dangendorf, S. et al.: North Sea storminess from a novel storm surge record since AD 1843. *Journal of Climate* 27, S. 3582–3595. 2014a.
- Dangendorf, S. et al.: Evidence for long-term memory in sea level. *Geophysical Research Letters* 41, S. 5530–5537. 2014b.
- Dietrich, G. et al.: Allgemeine Meereskunde. Berlin 1975.
- Donat, M.G et al.: Reanalysis suggests long-term upward trends in European storminess since 1871, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L14703. 2011.
- EurOtop- Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual August 2007. *Die Küste* 73. 2007.
- Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen. Seegangsatlas. 2014. ([http://www.fi.uni-hannover.de/seegangsatlas\\_reg\\_ver/start.htm](http://www.fi.uni-hannover.de/seegangsatlas_reg_ver/start.htm), zuletzt abgerufen am 11.09.2014)
- Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Inneres und Sport: Sturmflutschutz – Hinweise für die Bevölkerung. Hamburg 2012.
- Freie und Hansestadt Hamburg, Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer (Hrsg.): Sturmflutschutz in Hamburg – gestern-heute- morgen. Hamburg 2012.
- Führböter, A.: Über den Sicherheitszuwachs im Küstenschutz durch eine zweite Deichlinie. *Die Küste* 45. 181–208. 1987.
- Gerber, M. et al.: Categorizing of Meteorological Conditions for Storm Surge Events at the German Bight. (in Vorbereitung).
- Greenpeace: Bewertung der anlagenspezifischen Sicherheitsüberprüfung (RSK-SÜ) deutscher Kernkraftwerke durch die Reaktorsicherheitskommission (RSK) vom 16. Mai 2011. 2011.

- Gizewski, V.-T. et al.: Schutz Kritischer Infrastrukturen. Studie zur Versorgungssicherheit mit Lebensmitteln. Wissenschaftsforum Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, Band 9. 2012.
- Hamburg Port Authority: Meldung „Hamburg hält der Sturmflut stand“. 2013. ([http://www.hamburg-port-authority.de/de/presse/neuigkeiten/Seiten/01\\_q1\\_2014/Sturmflut.aspx](http://www.hamburg-port-authority.de/de/presse/neuigkeiten/Seiten/01_q1_2014/Sturmflut.aspx), zuletzt abgerufen am 08.09.2014)
- Hötte, H. (Hrsg.): Die Große Flut – Katastrophe, Herausforderung, Perspektiven. Hamburg 2012.
- IPCC, 2013: Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2013: Wissenschaftliche Grundlagen. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC), Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (hrsg.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 Seiten. Deutsche Übersetzung durch ProClim, Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Österreichisches Umweltbundesamt, Bern, Bonn, Wien, 28 S. 2014.
- Itzehoer Versicherungen: Artikel „Itzehoer erster deutscher Versicherer mit Sturmflutschutz. 2014. ([http://www.itzehoer.de/de/metanavigation/presse/presse-meldungen/presse-meldung\\_50304.jsp](http://www.itzehoer.de/de/metanavigation/presse/presse-meldungen/presse-meldung_50304.jsp), zuletzt abgerufen am 09.10.2014)
- Jensen, J. et al.: Modellgestützte Untersuchungen zu Sturmfluten mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten an der deutschen Nordseeküste. *Die Küste* 71, 123–167. 2006.
- Jensen, J. u. S. H. Müller-Navarra.: Storm surges on the German Coast. *Die Küste* 74, 92–124. 2008.
- Jensen, J. u. T. Frank: Zur Abschätzung von Sturmflutwasserständen mit sehr kleinen Eintrittswahrscheinlichkeiten. *Die Küste* 67, S. 367–405. 2003.
- Reaktor-Sicherheitskommission: Anlagenspezifische Sicherheitsüberprüfung (RSK-SÜ) deutscher Kernkraftwerke unter Berücksichtigung der Ereignisse in Fukushima-I (Japan). 2011.
- KTA 2004 Kerntechnischer Ausschuss (KTA): Schutz von Kernkraftwerken gegen Hochwasser; Sicherheitstechnische Regel 2207. 2004.
- Koopmann, G.: Wasserstandserhöhungen in der Deutschen Bucht infolge von Schwingungen und Schwallerscheinungen und deren Bedeutung bei der Sturmflut vom 16./17. Februar 1962. *Dtsch. Hydrogr. Z.* 15, S. 181–198. 1962.
- Lamb, H.: *Historic Storms of the North Sea, British Isles and Northwest Europe*. Cambridge 1991.
- Mai, S.: Klimafolgenanalyse und Risiko einer Küstenzone am Beispiel der Jade-Weser-Region. *Mitteilungen des Franzius-Instituts* 91, 1–275. 2004.
- Müller-Navarra, S. H., H. Giese: Improvements of an Empirical Model to Forecast Wind Surge in the German Bight. *Dt. Hydrogr. Z.* 51, S. 385–405. 1999.
- Müller-Navarra, S. H. et al.: Sturmflutvorhersagen für Hamburg – 1962 und heute. BSH (Hrsg) 2012.
- Müller-Navarra, S. H. et al.: Modellstudien zur Sturmflut und zum Hamburg-Orkan 1962. *Hansa* 143, 12/06, S. 72–88. 2006.
- Müller-Navarra, S. H.: Zur Vorhersagbarkeit schwerer Sturmfluten an deutschen Küsten. *Mitteilungen DMG* 02/2008, S. 9–10. 2008.
- Müller-Navarra, S. H.: Gezeitenvorberechnungen mit der Harmonischen Darstellung der Ungleichheiten. *Berichte des BSH* Nr. 50. 2013.
- Müller-Navarra, S. H. et al.: Rekonstruktion von Gezeiten und Windstau am Pegel Cuxhaven 1843 bis 2013. *Annalen Meteorologie* 46, S. 50–56. 2013.

- Offshore-Windenergie.net: <http://www.offshore-windenergie.net/windparks> (zuletzt aufgerufen am 16.12.2014).
- Oumeraci, H. et al.: Extremsturmfluten an offenen Küsten und Ästuargebieten – Risikoermittlung und -beherrschung im Klimawandel (XtremRisk). Abschlussbericht Forschungsvorhaben BMBF 03F0483A/B/C/D. 2012.
- Parker, B.: The Power of The Sea – tsunamis, storm surges, rogue waves and our quest to predict disasters. New York 2010.
- Pfeifer, W.: Bremen im Schutz seiner Deiche. Dokumentation zur großen Sturmflut vom 16. und 17. Februar 1962. Carl Schünemann Verlag.1963.
- Platz, U.: Vulnerabilität von Logistikstrukturen im Lebensmittelhandel. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 512. 2012.
- Quarles van Ufford, H. A.: The disastrous storm surge of February 1. Weather 8, S. 116–120. 1953.
- Rodewald, M.: Zur Entstehungsgeschichte von Sturmflut-Wetterlagen in der Nordsee. Die Küste 13, S. 1–60. 1965.
- Roediger, G.: Entwicklung und Verlauf der Wetterlage vom 16./17.Februar 1962. - Die Küste 10. 1962.
- Schäfer, K.: „Davongekommen“ – Die Sturmflut 1962 an der Schleswig-holsteinischen Westküste. Husum 2012.
- Stadt Hamburg: Sturmflutmerkblätter. Hamburg 2014. (<http://www.hamburg.de/rechte-spalte-downloads/>, zuletzt aufgerufen am 09.10.2014)
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg.): Demographischer Wandel in Deutschland Heft 2. Auswirkungen auf Krankenhausbehandlungen und Pflegebedürftige im Bund und in den Ländern. 2008.
- Technisches Hilfswerk (THW): Grundlagenkonzept Trinkwasser Inland des Technischen Hilfswerk, unveröffentlicht.
- Tomczak, G.: Der Einfluß der Küstengestalt und des vorgelagerten Meeresbodens auf den windbedingten Anstau des Wassers an der deutschen Nordseeküste zwischen Ems und Elbe. Dtsch. Hydrogr. Z. 5, S. 277–284. 1952.
- Umweltbundesamt (2013) Und sie erwärmt sich doch. Was steckt hinter der Debatte um den Klimawandel. Dessau-Roßlau, 119 S.
- Unterrichtung durch die Bundesregierung: Bericht zur Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz 2013. In: Verhandlungen des Deutschen Bundestages: Drucksachen – (2013), 18/208 vom 16.12.2013.
- Zitscher, F.-F., R. Scherenberg u. U. Varow: Die Sturmflut vom 3. und 21. Januar 1976 an den Küsten Schleswig-Holsteins. Die Küste 33, S. 71–99. 1979.



## Anhang A

### Methodik der Sturmflutmodellierung von BSH und BfG

Die Genese von Sturmfluten in der Deutschen Bucht und dabei auftretende, lokal differierende Scheitelwasserstände sind wegen der Vielzahl der Fälle bekannt und mannigfaltig dokumentiert. Eine Extremsturmflut auf der Basis des Szenarios „Wintersturm“<sup>136</sup> mit Scheitelwasserständen wie hier dargestellt ist noch nicht eingetreten, gleichwohl hinsichtlich der natürlichen Umstände physikalisch möglich.<sup>137</sup>

So hat es z. B. bei den bisher schwersten Sturmfluten an der deutschen Nordseeküste noch keinen Mittelwind<sup>138</sup> von Orkanstärke gegeben. Weiter stellt sich die Frage, ob ein Szenario mit stärksten Winden über kurze Zeit oder ein Szenario mit lang anhaltenden, etwas geringeren Windgeschwindigkeiten zu wählen ist. Hier wurde ersteres gewählt, da mit den hohen Windgeschwindigkeiten auch eine größere Seegangsbelastung an den Deichen durch Überströmen zu erwarten ist. Überdies hat eine aufwendige Modellstudie zu Extremsturmfluten ergeben, dass Varianten des Capella-Orkans (3. Januar 1976) zu höheren Sturmfluten führen, als Varianten von Vincinette (16./17. Februar 1962).<sup>139</sup>

Der im Szenario beschriebene Orkan zeigt sich in der Deutschen Bucht mit homogenem Windfeld, wie es in seiner zeitlichen Entwicklung in Abb. A-1 aufgetragen ist. Ein homogenes Windfeld bedeutet nicht, dass überall gleich hohe Scheitelwasserstände auftreten. Zum einen unterscheiden sich die astronomischen Eintrittszeiten, so dass die zeitliche Entwicklung des Sturms zu beachten ist, andererseits spielen die Tiefenverteilung im Küstenvorfeld und die Küstenform eine große Rolle. Im vorliegenden Szenario wurde zunächst der Windstau für Cuxhaven (vgl. Abb. A-2) berechnet<sup>140</sup> und dann die Stauunterschiede der anderen Küstenorte berücksichtigt.<sup>141</sup> Sodann wurden die so ermittelten Stauwerte zu den astronomisch vorausgerechneten Pegelständen addiert. So entstanden die Pegelkurven der Abb. A-3.

An den Küstenschutzwerken anstehender Wasserstand der hier abgeleiteten Höhe und Dauer stellt für sich keine katastrophale Lage dar. Erst im Zusammenspiel mit Wellenauflauf und –überlauf entsteht ein Szenario, in dem z. B. Seedeiche ernstlich gefährdet sind und im Extremfall versagen. Hierzu liegen bei früher niedrigeren und schwächeren Deichen umfangreiche Erfahrungen vor, die in aktuelle Bemessungen der Küstenschutzanlagen eingeflossen sind. Grundsätzlich ist dort ein Deichbruch anzunehmen, wo die Wellenaufzunge einen sehr geringen Abstand zur Deichkrone hat oder bereits nennenswerter Wellenüberlauf stattfindet.

Zur Berechnung des Wellenauflaufes wurde ein am Franzius-Institut in Hannover entwickelter Seegangsatlas<sup>142</sup> verwendet, der es erlaubt, für die hier relevanten Küsten- und Flussabschnitte aus dem Wintersturmszenario (vgl. Abb. A-1) und den dazugehörigen Wasserständen (vgl. Abb. A-3) den Wellenauflauf abzuleiten.

Wegen des überwiegend generischen Ansatzes dieser Risikoanalyse konnten nicht für jeden Deichkilometer detailliert die Konstruktionsparameter des Deiches in die Berechnungen einfließen. Es wurde eine vereinfachte Deichgeometrie angenommen mit einer Außenneigung von 1:6, Grasbewuchs und ohne Berme. Als Ergebnis lag für jeden Streckenabschnitt der deutschen Bucht die additive Höhe von Wasserstand und Wellenauflauf in m ü. NN vor.

Nach dieser näherungsweisen Berechnung des Wellenauflaufes an allen Küstenabschnitten ergab sich für einige Teile der Küste zeitweise eine Summe von Sturmflutwasserstand und Höhe des Wellenauflaufes von 9 mNN und mehr. Damit konnte ein Überströmen der Deichkrone angenommen werden mit einer hohen Wahrscheinlichkeit für ein Deichversagen. Des Weiteren wurde als Folge streckenweiser Deichbrüche angenom-

<sup>136</sup> Vgl. Unterrichtung durch die Bundesregierung: Bericht zur Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz 2013. In: Verhandlungen des Deutschen Bundestages: Drucksachen – (2013), 18/208 vom 16.12.2013.

<sup>137</sup> Vgl. Jensen et al., 2006

<sup>138</sup> 10-Minutenmittel zur vollen Stunde.

<sup>139</sup> Projekt MUSE (Jensen et al., 2006)

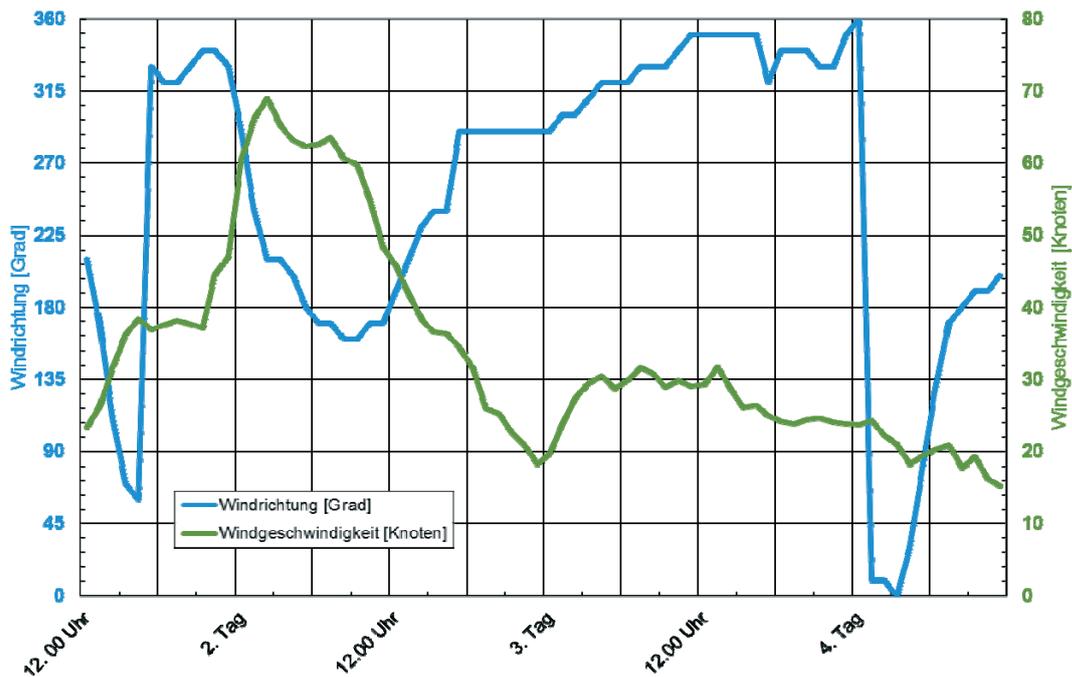
<sup>140</sup> Vgl. Müller-Navarra et al., 1999

<sup>141</sup> Vgl. Tomczak, 1952

<sup>142</sup> [http://www.fi.uni-hannover.de/seegangsatlas\\_reg\\_ver/start.htm](http://www.fi.uni-hannover.de/seegangsatlas_reg_ver/start.htm)

men, dass das Hinterland teilweise überflutet wird. Der sich dabei ergebende örtliche Wasserstand ist aber wegen der begrenzten Einstromzeiten erheblich niedriger als der außen am Deich anstehende ().<sup>143</sup>

Eine grobe Abschätzung ergab, dass im Szenario etwa 15 % der von den Bundesländern erarbeiteten  $HW_{\text{ext-rem}}$ -Flächen betroffen wären. Dabei kann wegen der mannigfaltigen Abhängigkeiten der Überflutungsvorgänge von den örtlichen Verhältnissen und den Deichbruchorten und -zeiten keine Aussage darüber gemacht werden, welche Gemeinden konkret betroffen wären.



**Abb. A-1:** Windrichtung und -geschwindigkeit in der Deutschen Bucht des als homogen angenommenen Windfeldes aus dem Szenario „Wintersturm“.

<sup>143</sup> Vgl. Führbötter, 1987

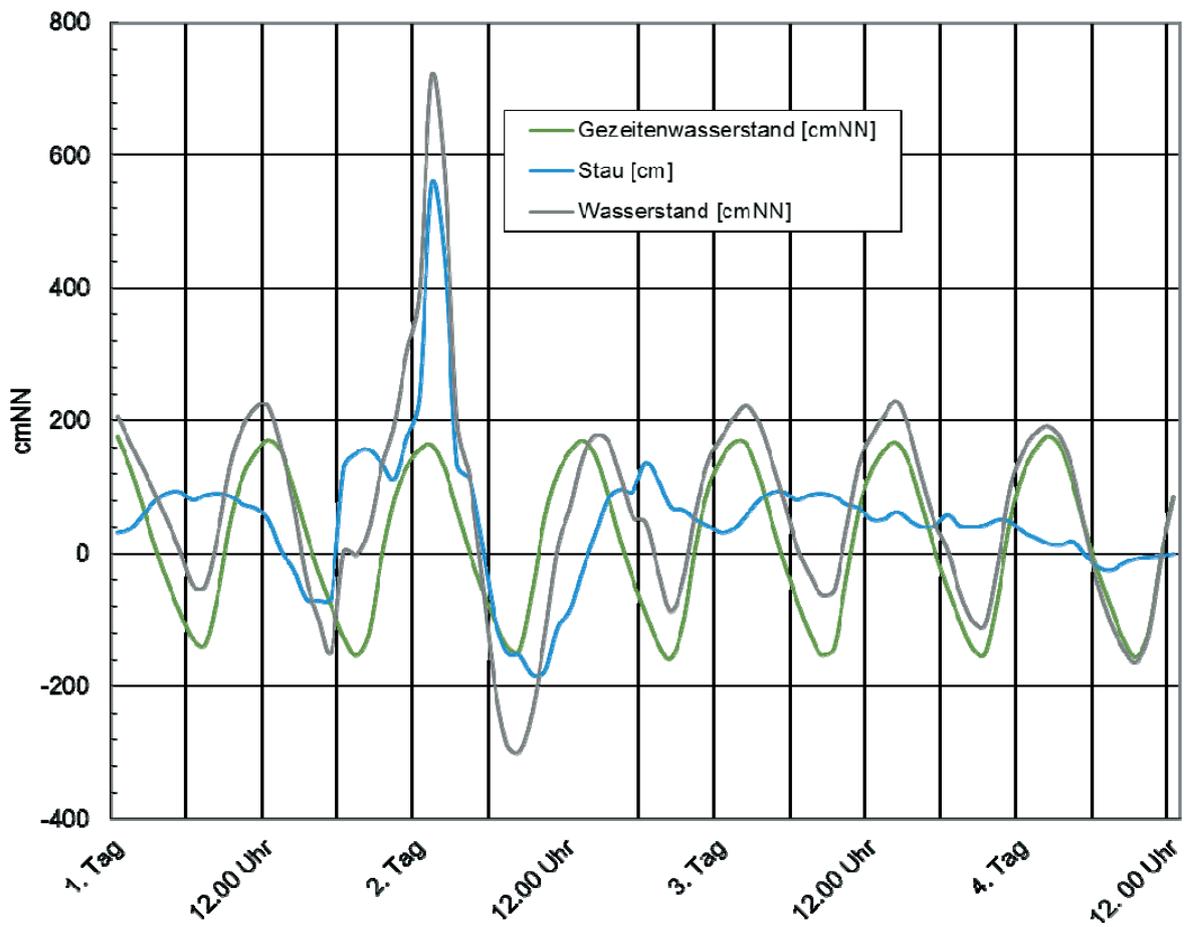


Abb. A-2: Gezeiten, Windstau und Gesamtwasserstand des Szenarios für Cuxhaven.<sup>144</sup>

<sup>144</sup> Die hier vorgenommene Windstauberechnung ist unsicher, da Erfahrungswerte mit derart hohen Windgeschwindigkeiten nicht oder nur punktuell vorliegen. Der Impulsübertrag der Luftströmung auf die Meeresströmung ist von der Rauigkeit der Meeresoberfläche (Seegang) und dem thermischen Aufbau der atmosphärischen Grenzschicht abhängig (Roll, 1965), weshalb einfache Windstauformeln nicht ohne weiteres extrapoliert werden können. Auch bei der numerischen Modellierung solcher Vorgänge treten diese Unsicherheiten hinsichtlich Windschubkoeffizient auf (Bork et al., 2005).

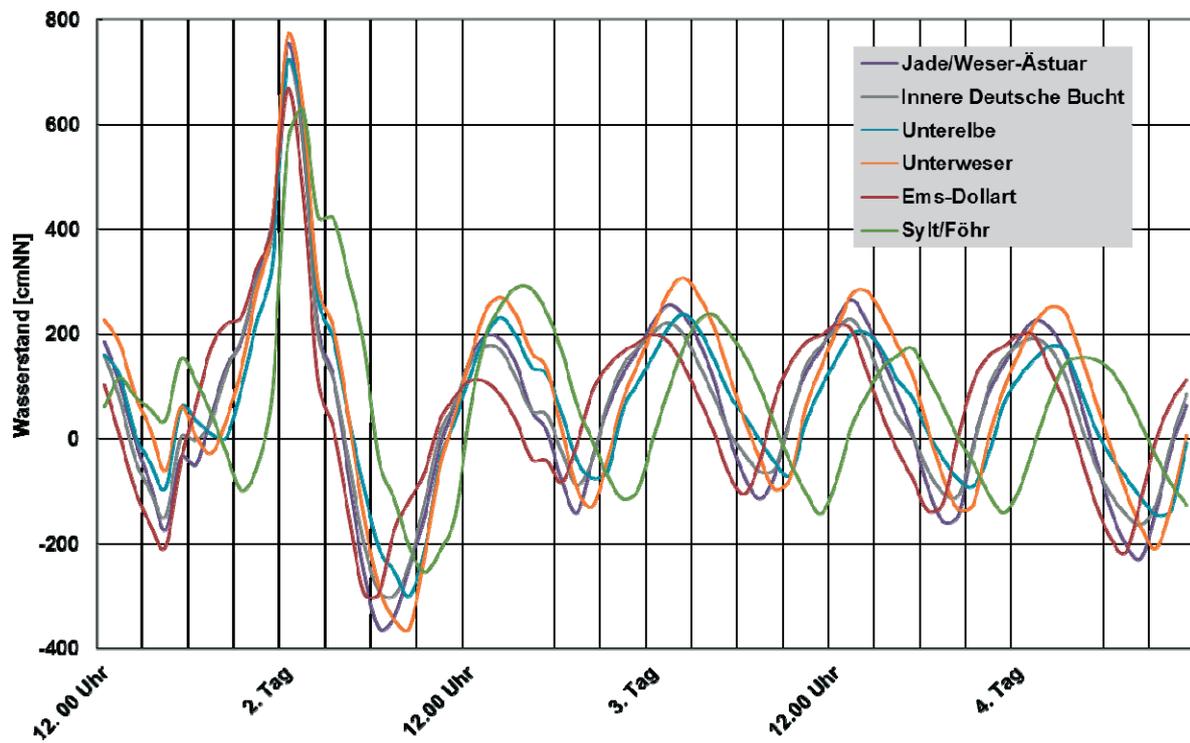


Abb. A-3: Wasserstandskurven des Szenarios als Basis für die Berechnung der additiven Höhen von Wasserstand und Wellenauflauf mit dem Seegangsatlas. (Der Übersichtlichkeit halber werden hier nur sechs von elf Kurven für die elf betrachteten Regionen des Seegangsatlas gezeigt.)

## Anhang B

### Nutzung von TraViMo für die Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz

Extreme Wetterereignisse und andere Naturgefahren sowie vom Menschen verursachte Ereignisse (z. B. terroristische Anschläge) können die Verkehrsinfrastrukturen nachhaltig schädigen oder sogar zerstören. Wie das Beispiel der Aschewolke der Vulkaneruption des Eyjafjallajökull auf Island im April des Jahres 2010 für den Luftverkehr zeigt, kann es durchaus zu einem mehrtägigen Ausfall eines kompletten Verkehrsträgers kommen. Solche Ereignisse können bundesweit spürbare Auswirkungen auf Verkehrsströme haben, denn Wirtschaft und Gesellschaft sind auf einen störungsfreien Austausch von Gütern und Dienstleistungen angewiesen.

Die Versorgung mit Gütern gehört zu einer Grundvoraussetzung für das alltägliche Leben. Zudem ist es für die Bevölkerung zu einer Selbstverständlichkeit geworden, jederzeit ohne nennenswerte Einschränkungen von einem Ort zum anderen zu reisen. Vor diesem Hintergrund muss sich die Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz auch mit den aus Störungen von Verkehrsinfrastrukturen resultierenden Auswirkungen auf die innere Sicherheit, das Gemeinwesen sowie auf wichtige Schlüsselindustrien befassen. Essentiell für die Beantwortung dieser Thematik sind Analysen räumlich und sachlich differenzierter Verkehrsströme.

Zusammen mit dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hat das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) ein Informationssystem für das Krisenmanagement entwickelt, welches für alle Verkehrsträger vorrangig zu berücksichtigende Transportströme identifiziert. Das Informationssystem liefert durch die Betätigung einzelner Filterfunktionen sekundenschnell Ergebnisse auf unterschiedliche Fragestellungen. Durch die verschiedenen graphischen Darstellungsmöglichkeiten lassen sich einzelne Knotenpunkte in Deutschland erkennen sowie unterschiedliche Abhängigkeiten von einem bestimmten Verkehrsträger darstellen. Das Transportstrom-Visualisierungs-Modell „TraViMo“ verknüpft verkehrstatistische Grundlagen für die Bahn, das Binnenschiff, den Luft- und Seeverkehr sowie für die Straße miteinander, wodurch die Abschätzung und Visualisierung der für Deutschland relevanten Verkehrsströme im Personen- und Güterverkehr möglich wird. Durch die Kombination mit weiteren Datengrundlagen bietet TraViMo eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten für die Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz:

- schnelle Visualisierung des Verkehrsgeschehens einer ausgewählten Region und Bereitstellung regionaler Verkehrsdaten
- Notfallplanung bei einem Verkehrsträgerausfall – Identifikation von besonders wichtigen Transportströmen
- branchenspezifische Analysen
- Berechnung von volkswirtschaftlichen Effekten durch die Verknüpfung der Verkehrsstatistiken mit der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR)

Neben dem internen Verkehrsaufkommen können Verkehrsströme entweder in die Region (Empfang) oder aus der Region (Versand) erfolgen. Für die Risikoanalyse „Sturmflut“ wurde zunächst eine räumliche Abgrenzung mit Blick auf das potentielle Überflutungsgebiet<sup>145</sup> vorgenommen. Hierfür wurden die in den nachstehenden Wortwolken dargestellten Kreise und Seehäfen näher betrachtet. Die linke Darstellung zeigt die Empfangsregionen und die rechte Seite die Versandregionen. Die Größe der Schrift ist in Abhängigkeit vom Aufkommen dargestellt.

---

<sup>145</sup> Vgl. Abb. 7 der Risikoanalyse Sturmflut.



Abb. B-1: Wortwolke Empfang (links) und Versand (rechts) 2010 im überflutungsgefährdeten Gebiet.

Durch die gewählte Darstellungsform wird deutlich, dass im potentiellen Überflutungsgebiet die Seehäfen und insbesondere Hamburg eine wesentliche Rolle spielen. Es gilt jedoch zu klären, welche Güter empfangen und welche Güter verschickt werden. Für das Jahr 2010 ergeben sich nach der Bundesverkehrswegeplan (BVWP) Verflechtungsprognose 2030 folgende Werte:

Gütergruppe	Verkehrsmittel			Gesamtsumme
	Bahn	Binnenschiff	Straße	
Steine und Erden, sonstige Bergbauerz.	2.599.723	2.905.371	52.458.568	57.963.662
Nahrungs- und Genussmittel	625.219	1.240.743	32.647.999	34.513.961
Sonstige Mineralerzeugnisse	814.614	273.002	24.880.481	25.968.097
Gutart unbekannt	14.628.360	809.543	4.778.617	20.216.520
Land- und forstwirtschaftliche Erzeugn.	570.211	1.610.506	16.653.497	18.834.214
Sekundärrohstoffe, Abfälle	453.144	503.478	17.321.373	18.277.995
Chemische Erzeugnisse	4.511.386	689.619	12.013.634	17.214.639
Holz und Kork, Papier, Pappe, Druckerz.	1.569.118	169.497	10.548.535	12.287.150
Mineralölerzeugnisse	4.134.127	666.912	6.485.655	11.286.694
Sammelgut	213.345		11.063.449	11.276.794
Metalle und Halbzeug	2.368.847	672.902	7.974.592	11.016.341
Fahrzeuge	3.125.631	34.681	6.978.742	10.139.054
Geräte und Material für Güterbeförderung	785.279	37.363	7.538.694	8.361.336
Maschinen und Geräte, opt. Erz., Uhren	216.337	107.169	6.286.736	6.610.242
Umzugsgut, sonst. nichtmarktbest. Güter	7.215	14	2.512.208	2.519.437
Post, Pakete			2.363.669	2.363.669
Textilien, Bekleidung, Leder, Lederwaren	15.852	6.651	2.297.461	2.319.964
Möbel, Schmuck, Musikinst., Sport, Spiel	13.342	17.964	1.305.495	1.336.801
Düngemittel	787.755	60.188	462.599	1.310.542
Steinkohle	147.404	850.933	6.587	1.004.924
Koks	426.676	9.868	391.136	827.680
Erze	10.791	532.932	32.631	576.354
Erdöl und Erdgas	134.437	2.487	51.544	188.468
Braunkohle	593		71.796	72.389
<b>Gesamtsumme</b>	<b>38.159.406</b>	<b>11.201.823</b>	<b>227.125.698</b>	<b>276.486.927</b>

Tab. B-1a: Empfang Güter 2010 im überflutungsgefährdeten Gebiet.

Gütergruppe	Verkehrsmittel			Gesamtsumme
	Bahn	Binnenschiff	Straße	
Steine und Erden, sonstige Bergbauerz.	587.859	762.629	51.613.669	52.964.157
Nahrungs- und Genussmittel	132.042	1.021.310	32.878.805	34.032.157
Sonstige Mineralerzeugnisse	367.215	244.576	22.211.181	22.822.972
Gutart unbekannt	14.252.787	717.322	4.759.284	19.729.393
Land- und forstwirtschaftliche Erzeugn.	438.065	603.783	17.683.387	18.725.235
Sekundärrohstoffe, Abfälle	220.572	470.643	17.802.145	18.493.360
Mineralölerzeugnisse	2.875.107	2.390.770	10.491.782	15.757.659
Chemische Erzeugnisse	1.915.149	769.269	11.246.199	13.930.617
Sammelgut	948.885		10.951.376	11.900.261
Holz und Kork, Papier, Pappe, Druckerz.	1.295.325	620.192	9.568.389	11.483.906
Metalle und Halbzeug	1.788.344	711.591	7.193.225	9.693.160
Erze	8.089.920	555.987	19.179	8.665.086
Geräte und Material für Güterbeförderu..	823.538	58.108	7.727.852	8.609.498
Steinkohle	4.060.822	2.506.630	859	6.568.311
Fahrzeuge	455.362	14.048	5.844.708	6.314.118
Maschinen und Geräte, opt. Erz., Uhren	27.153	35.790	5.510.925	5.573.868
Textilien, Bekleidung, Leder, Lederwaren	2.430	1.876	3.277.662	3.281.968
Post, Pakete			2.439.581	2.439.581
Umzugsgut, sonst. nichtmarktbest. Güt..	1.971		2.423.824	2.425.795
Möbel, Schmuck, Musikinst., Sport, Spiel	534	11.041	1.403.049	1.414.624
Düngemittel	532.193	7.442	514.006	1.053.641
Koks	710.787	17.500	92.322	820.609
Braunkohle	70		72.453	72.523
Erdöl und Erdgas	1.342	2.869	65.528	69.739
<b>Gesamtsumme</b>	<b>39.527.472</b>	<b>11.523.376</b>	<b>225.791.390</b>	<b>276.842.238</b>

**Tab. B-1b:** Versand Güter 2010 aus dem überflutungsgefährdeten Gebiet.

Unter Verwendung dieser Daten ergibt sich für das betrachtete Gebiet die folgende Verteilung des Transportaufkommens auf verschiedene Verkehrsmittel (Modal Split):

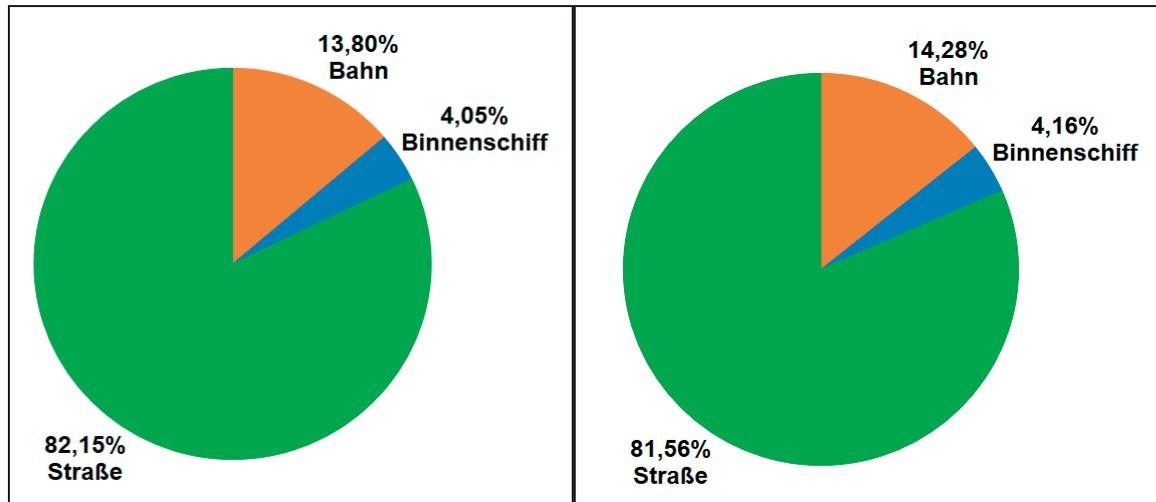


Abb. B-2: Modal Split Empfang (links) und Versand (rechts) 2010 im überflutungsgefährdeten Gebiet.

Anhand des Modal Split zeigt sich die große Dominanz des Straßengüterverkehrs im Vergleich zu den anderen Verkehrsträgern. In Bezug auf die insgesamt zurückgelegten Transportstrecken überwiegen jedoch die Bahn und das Binnenschiff.

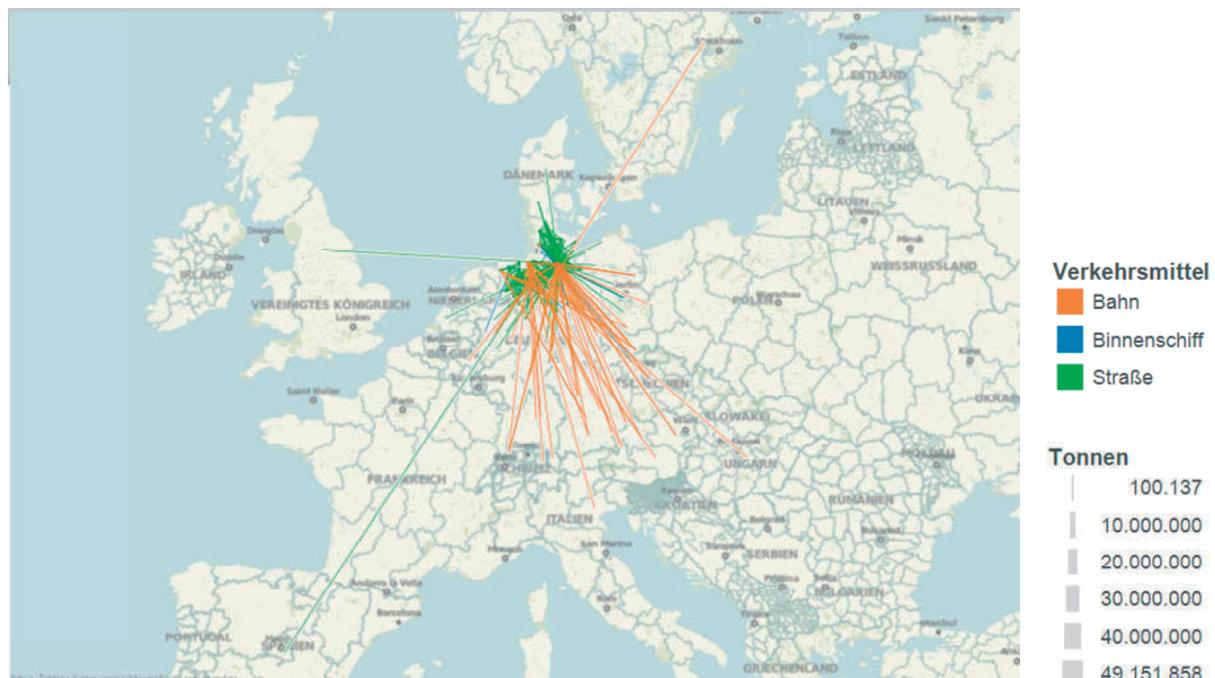
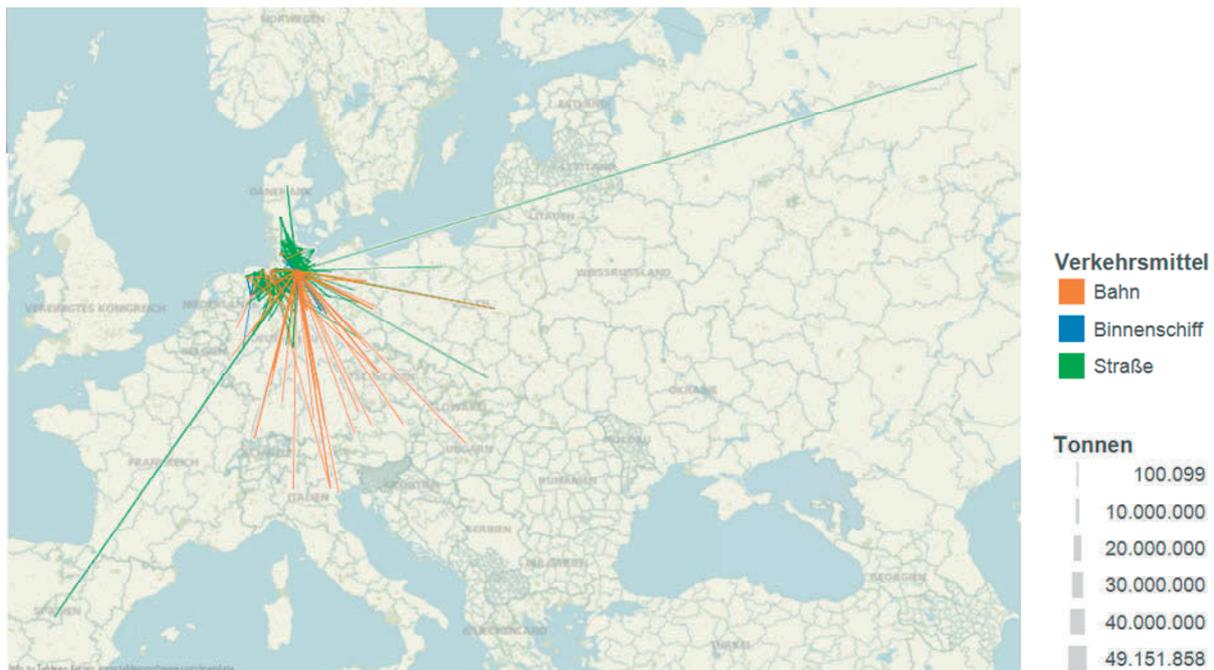


Abb. B-3a: Empfangsströme 2010 im überflutungsgefährdeten Gebiet ab 100.000 t pro Jahr.



**Abb. B-3b:** Versandströme 2010 aus dem überflutungsgefährdeten Gebiet ab 100.000 t pro Jahr.

Die zuvor dargestellten Auswertungen sind zwar hilfreich für das Verständnis der nationalen und internationalen Transportströme im überflutungsgefährdeten Gebiet, um jedoch konkretere Aussagen über das mögliche Schadensausmaß treffen zu können, müssen Umlegungsdaten in die Betrachtung mit einbezogen werden. Durch die Nutzung von Umlegungsdaten werden die Transportströme nicht mehr durch Luftlinien dargestellt, sondern die konkrete Route zwischen dem Quell- und Zielort wird visualisiert. Somit kann die für sicherheitsrelevante Transporte genutzte Verkehrsinfrastruktur im Rahmen der Risikoanalyse identifiziert werden. Wenn der Verkehr im sturmflutgefährdeten Gebiet zum Erliegen kommt, dann hat dies nicht nur regionale, sondern europaweite Auswirkungen auf die Verkehrsströme. In der folgenden Abbildung werden die Transportströme in das überflutungsgefährdete Gebiet dargestellt.



**Abb. B-4:** Empfang Güterverkehr 2010 in das überflutungsgefährdete Gebiet (Bahn/Binnenschiff).

Um die Karte übersichtlich zu halten, wurde auf den Verkehrsträger Straße bei der Darstellung verzichtet. Für alle Verkehrsträger liegen Umlegungsdaten vor. Zudem können gütergruppenspezifische Auswertungen vorgenommen werden.

Für den Versand von Gütern aus der überflutungsgefährdeten Region ergibt sich ein ähnliches Bild wie für den Empfang. Dies ist nicht verwunderlich, denn Spediteure versuchen eine möglichst gute Paarigkeit der Transporte zu erzielen, indem Leerfahrten verhindert werden. Zudem muss der Zug oder das Binnenschiff bei regelmäßigen Verkehren zurück zum Ausgangspunkt. Für die Risikoanalyse entscheidend ist die Kenntnis, welche Güter über welche Infrastruktur transportiert werden.



**Abb. B-5:** Versand Güterverkehr 2010 aus dem überflutungsgefährdeten Gebiet Bahn/Binnenschiff.

Im Folgenden werden ausgewählte Beispiele von Güterströmen in und aus dem überflutungsgefährdeten Gebiet, unter Berücksichtigung ihrer Bedeutung für das gesamte Bundesgebiet, betrachtet.

Das im Szenario skizzierte überflutungsgefährdete Gebiet übernimmt in Deutschland durch die Seehäfen eine große Bedeutung in der Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungs- und Genussmitteln.



**Abb. B-6:** Versand Nahrungs- und Genussmittel 2010 aus dem überflutungsgefährdeten Gebiet.

Die räumlich hohe Bedeutung des Sturmflutgebietes auch für den Empfang von Nahrungs- und Genussmittel zeigt die folgende Karte:



Abb. B-7: Beispiel Empfang Nahrungs- und Genussmittel im überflutungsgefährdeten Gebiet.

Nicht nur für die Bevölkerung, sondern auch für die Schwerindustrie ist dieses Gebiet ein wichtiger Bestandteil der Logistikkette. Beispielsweise bezieht das Stahlwerk Salzgitter durch die norddeutschen Seehäfen sowohl Steinkohle als auch das für die Produktion notwendige Eisenerz aus dem Sturmflutgebiet.

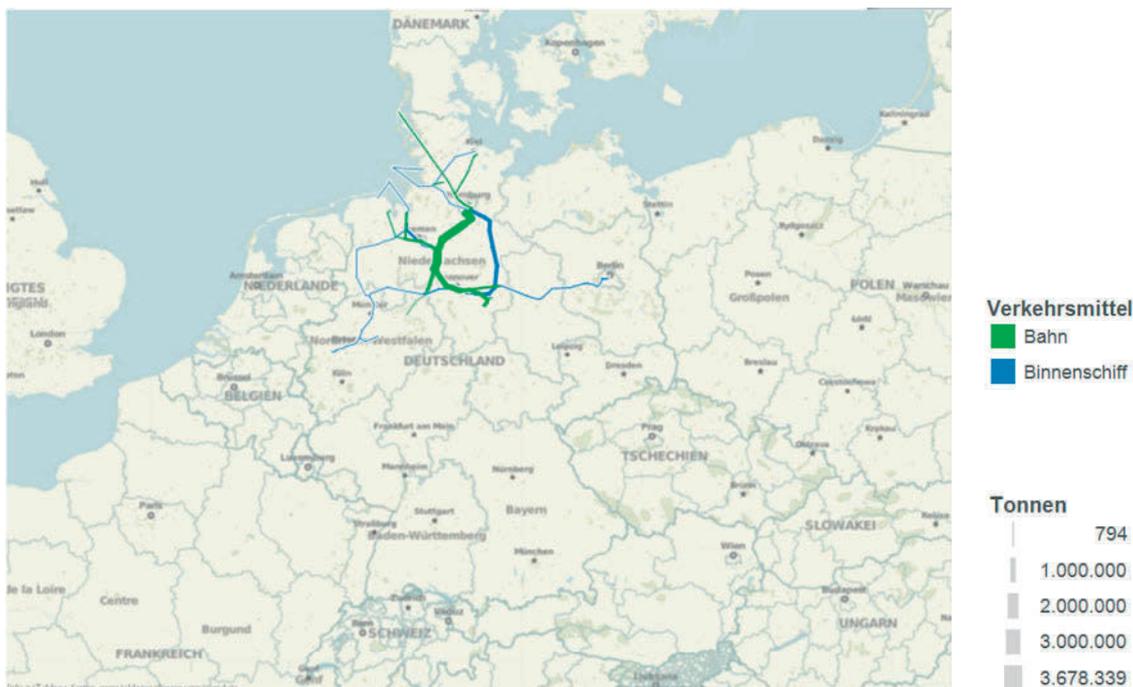


Abb. B-8: Versand Steinkohle 2010 aus dem überflutungsgefährdeten Gebiet.

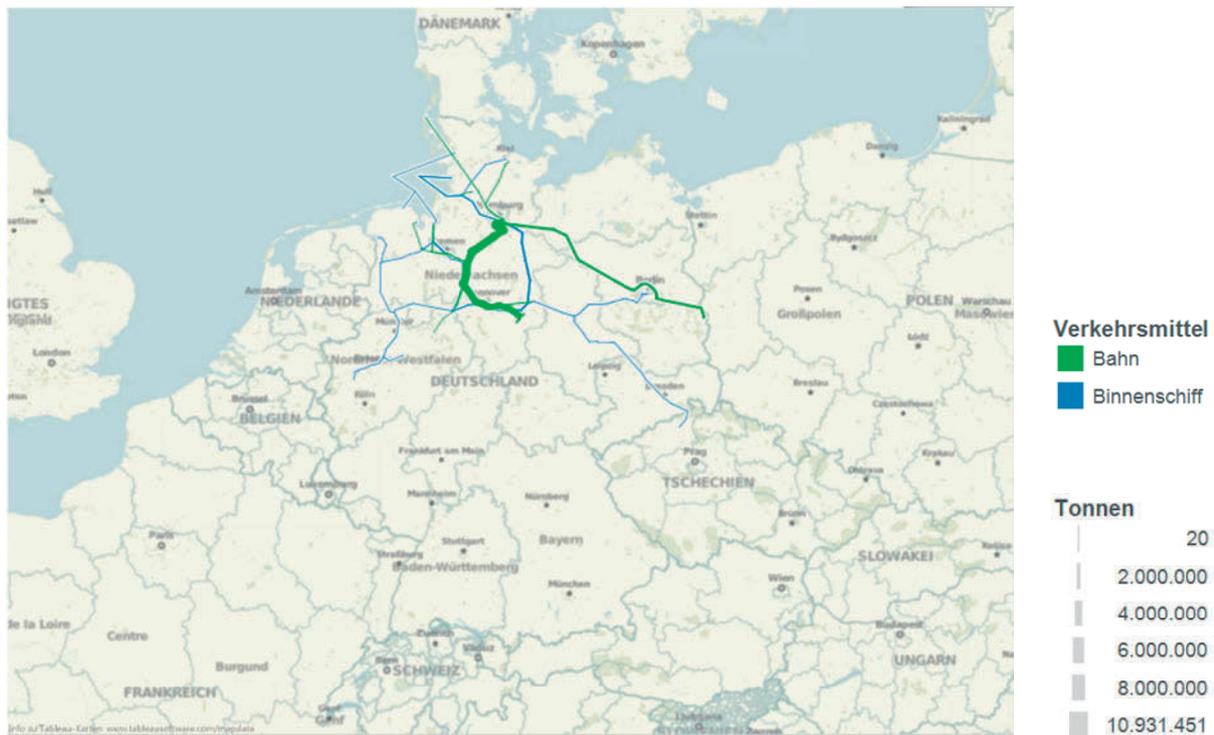


Abb. B-9: Versand Erze 2010 aus dem überflutungsgefährdeten Gebiet.

Im überflutungsgefährdeten Gebiet werden auch Güter aus anderen Regionen empfangen. Es gibt zahlreiche Transportströme, die dem hier betrachteten Gebiet eine hohe Bedeutung bescheinigen. Beispielsweise werden Metalle und Halbzeug von den Salzgitter Mannesmann Röhrenwerke in Mülheim an der Ruhr zum Seehafen Bremen transportiert, von wo sie weltweit verschifft werden.

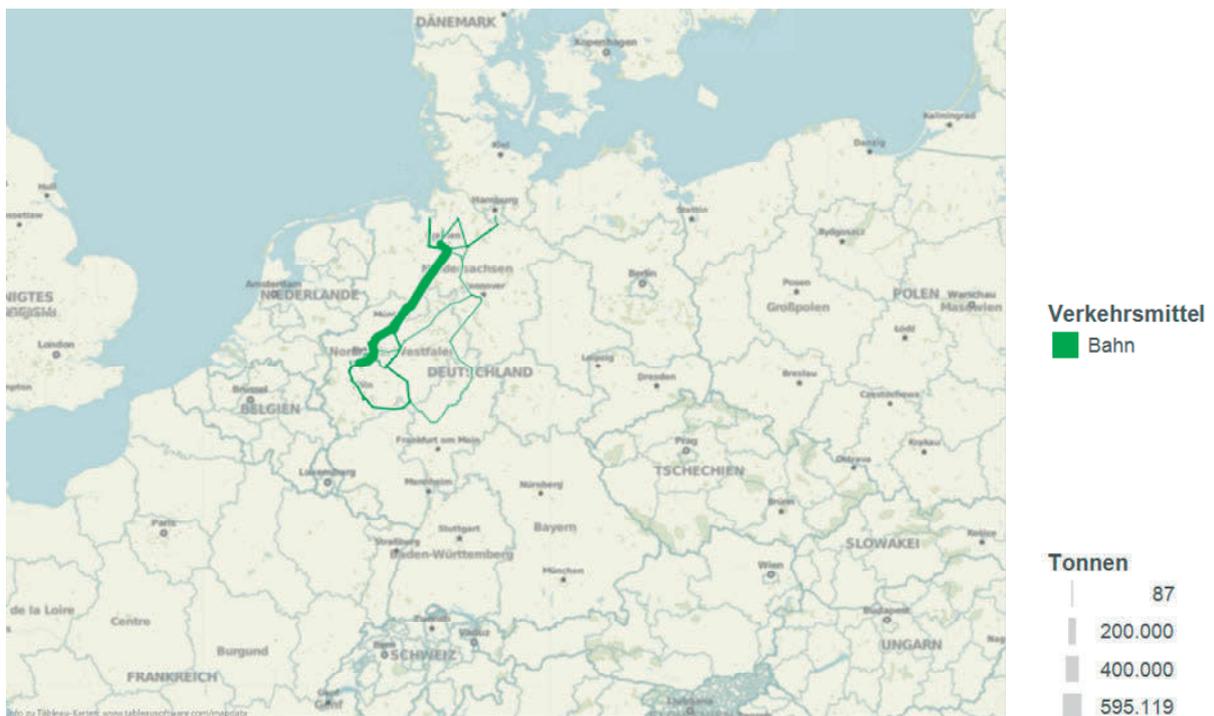


Abb. B-10: Beispiel Empfang vom Salzgitter Mannesmann Röhrenwerk in Mülheim.

Ein ähnliches Beispiel ergibt sich in der Gütergruppe Koks. Hier finden Transportströme aus der Kokerei Prosper in Bottrop ins Bremer Stahlwerk ArcelorMittal statt.

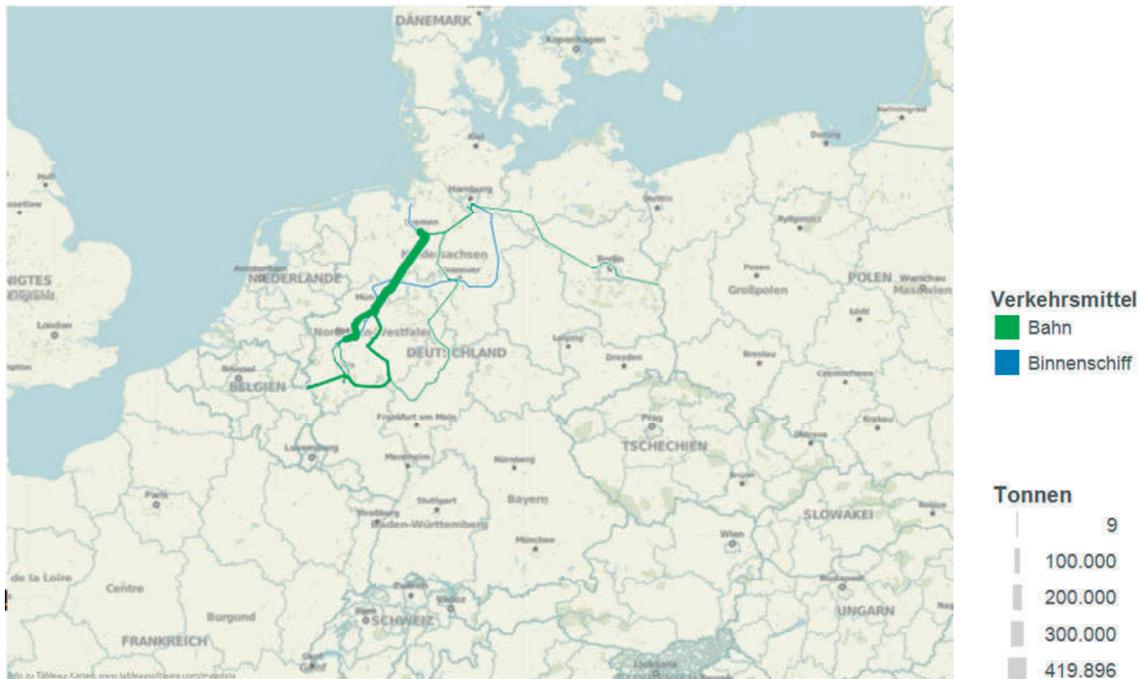


Abb. B-11: Beispiel Versand Koks von Bottrop nach Bremen.

TraViMo ermöglicht es, Aussagen zu treffen, von wo nach wo sowohl Güter als auch Personen transportiert werden. Im Personenverkehr kann dabei nach jeweils sechs verschiedenen Verkehrszwecken und Verkehrsmitteln differenziert werden. Die nachfolgende Abbildung zeigt den Berufsverkehr im Sturmflutgebiet für das Jahr 2010.



Abb. B-12: Beispiel Berufsverkehr ab 1.000 Fahrten im überflutungsgefährdeten Gebiet.

Die folgende Tabelle zeigt für das Jahr 2010 den Personenverkehr im Sturmflutgebiet:

Fahrtzweck	Verkehrsmittel						Gesamtsumme
	Bahn	Bus_ÖSPV	Fahrrad	Fußwege	Luft	MIV	
<b>Ausbildung</b>	45.982.030	180.573.895	101.061.530	128.482.125		128.771.540	584.871.120
<b>Beruf</b>	149.226.439	153.621.549	160.810.370	105.921.666		734.479.457	1.304.059.481
<b>Einkauf</b>	67.012.323	235.874.599	361.373.689	763.564.296		1.212.341.720	2.640.166.627
<b>Geschäft</b>	19.312.427	19.593.050	14.649.381	25.319.691	2.133.629	413.482.660	494.490.838
<b>sonstprivat</b>	81.058.098	221.101.246	462.617.708	922.545.864	678.891	1.497.128.561	3.185.130.368
<b>Urlaub</b>	2.516.810	733.154			624.856	6.712.162	10.586.982
<b>Gesamtsumme</b>	365.108.127	811.497.493	1.100.512.678	1.945.833.642	3.437.376	3.992.916.100	8.219.305.416

**Tab. B-2:** Personenverkehrsaufkommen 2010 im überflutungsgefährdeten Gebiet in Fahrten.

## Anhang C

## Risikoanalyse Bevölkerungsschutz Bund – Klassifikation Eintrittswahrscheinlichkeit

Eintrittswahrscheinlichkeits-Klassen:	
<b>A:</b>	<b>sehr unwahrscheinlich</b> ein Ereignis, das statistisch in der Regel einmal in einem Zeitraum von über 10.000 Jahren eintritt
<b>B:</b>	<b>unwahrscheinlich</b> ein Ereignis, das statistisch in der Regel einmal in einem Zeitraum von 1.000 bis 10.000 Jahren eintritt
<b>C:</b>	<b>bedingt wahrscheinlich</b> ein Ereignis, das statistisch in der Regel einmal in einem Zeitraum von 100 bis 1.000 Jahren eintritt
<b>D:</b>	<b>wahrscheinlich</b> ein Ereignis, das statistisch in der Regel einmal in einem Zeitraum von 10 bis 100 Jahren eintritt
<b>E:</b>	<b>sehr wahrscheinlich</b> ein Ereignis, das statistisch in der Regel einmal in einem Zeitraum von 10 Jahren oder häufiger eintritt

**Hinweis:**

*Es handelt sich hierbei um statistische Jährlichkeitswerte, die so zu verstehen sind, dass mit zunehmender Seltenheit auch die zu erwartende Intensität des Ereignisses zunimmt.*

*So sind beispielsweise bei einem 10-jährlichen Sturmereignis geringere Schäden zu erwarten als bei einem 100-jährlichen. Allerdings sagt die statistische Jährlichkeit nichts darüber aus, in welchen zeitlichen Abständen ein entsprechendes Ereignis tatsächlich stattfindet.*

*So kann es beispielsweise vorkommen, dass innerhalb eines Jahrzehnts mehrere Ereignisse der Größenordnung "100-jährlich" auftreten (Beispiel: "Jahrhunderthochwasser" des Rheins in Köln 1993 und 1995).*

## Anhang D

### Risikoanalyse Bevölkerungsschutz Bund – Klassifikation Schadensausmaß

#### **Hinweise:**

*Die Klassifikation des Schadensausmaßes wird für die Risikoanalyse Bevölkerungsschutz auf Ebene des Bundes eingesetzt. Der Fokus liegt somit zum einen auf dem Bevölkerungsschutz (d. h. für andere Zwecke, z. B. Umweltschutz, wären ggf. je nach Fokus und Schutzziel andere Schwellenwerte zu wählen). Zum anderen liegt der Fokus auf der Bundessicht (d. h. auf Ebene der Länder/Landkreise/Kommunen wären ggf. entsprechend angepasste Schwellenwerte zu wählen).*

*Jedes Ereignis, welches zu Verletzungen oder gar Toten führt, Schäden an Umwelt, Infrastruktur und/oder Wohneigentum verursacht und andere Auswirkungen auf die Bevölkerung, ihre Lebensgrundlagen sowie die öffentliche Sicherheit und Ordnung mit sich bringen kann, ist insbesondere für die unmittelbar Betroffenen tragisch. Dies soll durch die verwendete Klassifikation keineswegs negiert werden. Sie dient im Rahmen der Risikoanalyse vielmehr als Hilfsmittel, um dem im Szenario beschriebenen, hypothetischen Ereignis eine relative Größenordnung in Bezug auf das bei seinem Eintreten zu erwartende Schadensausmaß zuweisen zu können.*

**Schutzgut MENSCH****Schadensparameter: Tote (M<sub>1</sub>)****Schadensausmaß-Klassen:**

**A:** ≤ 10 Tote

**B:** > 10 - 100 Tote

**C:** > 100 - 1.000 Tote

**D:** > 1.000 - 10.000 Tote

**E:** > 10.000 Tote

**Anmerkung:**

Betrachtet werden hier Personen, deren Tod – unabhängig vom Zeitpunkt seines Eintritts – kausal auf das schädigende Ereignis zurückzuführen ist.

**Schadensparameter: Verletzte, Erkrankte (M<sub>2</sub>)****Schadensausmaß-Klassen:**

**A:** ≤ 10 Verletzte/Erkrankte

**B:** > 10 - 100 Verletzte/Erkrankte

**C:** > 100 - 1.000 Verletzte/Erkrankte

**D:** > 1.000 - 10.000 Verletzte/Erkrankte

**E:** > 10.000 Verletzte/Erkrankte

**Anmerkung:**

Betrachtet werden hier Personen, die durch das Ereignis im Bezugsgebiet verletzt werden oder im Verlauf des Ereignisses bzw. in dessen Folge so erkranken, dass sie ärztlich oder im Gesundheitswesen betreut werden müssen (hier sind auch Spätfolgen/Langzeitschäden mit zu berücksichtigen).

**Schadensparameter: Hilfebedürftige (M<sub>3</sub>)****Schadensausmaß-Klassen:**

**A:** 10.000 Hilfebedürftige für  $\leq 1$  Woche

**B:**  $\leq 100.000$  Hilfebedürftige für  $\leq 1$  Woche  
oder  $\leq 10.000$  Hilfebedürftige für 1 - 4 Wochen

**C:**  $\leq 1.000.000$  Hilfebedürftige für  $\leq 1$  Woche  
oder  $\leq 100.000$  Hilfebedürftige für 1 - 4 Wochen  
oder  $\leq 10.000$  Hilfebedürftige für  $> 1$  Monat

**D:**  $> 1.000.000$  Hilfebedürftige für  $\leq 1$  Woche  
oder  $\leq 1.000.000$  Hilfebedürftige für 1 - 4 Wochen  
oder  $\leq 100.000$  Hilfebedürftige für  $> 1$  Monat

**E:**  $> 1.000.000$  Hilfebedürftige für  $> 1$  Woche  
oder  $> 100.000$  Hilfebedürftige für  $> 1$  Monat

**Anmerkung:**

Betrachtet werden hier Personen, die durch das Ereignis ohne Obdach sind oder in einer anderen Form der staatlichen Hilfe für das physische Überleben bedürfen.

Für den Fall, dass zwei Klassen zutreffen, ist die höhere Klasse zu wählen.

**Schadensparameter: Vermisste (M<sub>4</sub>)****Schadensausmaß-Klassen:**

**A:**  $\leq 10$  Vermisste

**B:**  $> 10 - 100$  Vermisste

**C:**  $> 100 - 1.000$  Vermisste

**D:**  $> 1.000 - 10.000$  Vermisste

**E:**  $> 10.000$  Vermisste

**Anmerkung:**

Betrachtet werden hier Personen, die in Folge des Ereignisses als dauerhaft vermisst gelten.

## Schutzgut UMWELT

**Schadensparameter: Schädigung geschützter Gebiete (U<sub>1</sub>)****Schadensausmaß-Klassen:**

**A:**  $\leq 0,005$  % der Gesamtfläche der geschützten Gebiete geschädigt

**B:**  $> 0,005 - 0,05$  % der Gesamtfläche der geschützten Gebiete geschädigt

**C:**  $> 0,05 - 0,5$  % der Gesamtfläche der geschützten Gebiete geschädigt

**D:**  $> 0,5 - 5$  % der Gesamtfläche der geschützten Gebiete geschädigt

**E:**  $> 5$  % der Gesamtfläche der geschützten Gebiete geschädigt

**Anmerkung:**

Betrachtet werden hier durch das Ereignis geschädigte Schutzgebiete (Naturschutzgebiete, Nationalparks, Biosphärenreservate, Landschaftsschutzgebiete, Naturparks) sowie Fauna (Wildtiere).

**Schadensparameter: Schädigung von Oberflächengewässern/Grundwasser (U<sub>2</sub>)****Schadensausmaß-Klassen:**

**A:**  $\leq 0,01$  % der Gesamtfläche der Oberflächengewässer/des Grundwassers geschädigt

**B:**  $> 0,01 - 0,1$  % der Gesamtfläche der Oberflächengewässer/des Grundwassers geschädigt

**C:**  $> 0,1 - 1$  % der Gesamtfläche der Oberflächengewässer/des Grundwassers geschädigt

**D:**  $> 1 - 10$  % der Gesamtfläche der Oberflächengewässer/des Grundwassers geschädigt

**E:**  $> 10$  % der Gesamtfläche der Oberflächengewässer/des Grundwassers geschädigt

**Anmerkung:**

Betrachtet werden hier durch das Ereignis geschädigte Oberflächengewässer (Flüsse, Kanäle, Bäche, Seen, Meer) sowie Grundwasser.

**Schadensparameter: Schädigung von Waldflächen (U<sub>3</sub>)****Schadensausmaß-Klassen:**

- A:** ≤ 0,01 % der gesamten Waldfläche geschädigt
- B:** > 0,01 - 0,1 % der gesamten Waldfläche geschädigt
- C:** > 0,1 - 1 % der gesamten Waldfläche geschädigt
- D:** > 1 - 10 % der gesamten Waldfläche geschädigt
- E:** > 10 % der gesamten Waldfläche geschädigt

**Schadensparameter: Schädigung landwirtschaftlicher Nutzfläche (U<sub>4</sub>)****Schadensausmaß-Klassen:**

- A:** ≤ 0,01 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche geschädigt
- B:** > 0,01 - 0,1 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche geschädigt
- C:** > 0,1 - 1 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche geschädigt
- D:** > 1 - 10 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche geschädigt
- E:** > 10 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche geschädigt

**Schadensparameter: Schädigung von Nutztieren (U<sub>5</sub>)****Schadensausmaß-Klassen:**

- A:** ≤ 1.500 Großvieheinheiten geschädigt
- B:** > 1.500 - 15.000 Großvieheinheiten geschädigt
- C:** > 15.000 - 150.000 Großvieheinheiten geschädigt
- D:** > 150.000 - 1,5 Millionen Großvieheinheiten geschädigt
- E:** > 1,5 Millionen Großvieheinheiten geschädigt

## Schutzgut VOLKSWIRTSCHAFT

**Schadensparameter: Auswirkungen auf die öffentliche Hand (V<sub>1</sub>)****Schadensausmaß-Klassen:**

- A:** Durch das Ereignis verursachte Kosten für die öffentliche Hand können vollständig durch das betroffene Land/die betroffenen Länder getragen werden, keine unmittelbaren Auswirkungen für den Bund. Vereinzelt werden geplante Maßnahmen des Bundes zur Unterstützung der betroffenen Region beschleunigt bearbeitet.
- B:** Durch das Ereignis verursachte Kosten für die öffentliche Hand können zum größten Teil durch das betroffene Land/die betroffenen Länder getragen werden. Umschichtungen im Haushalt können den Mittelbedarf abdecken. Einige Maßnahmen des Bundes werden beschleunigt bzw. vorgezogen.
- C:** Durch das Ereignis verursachte Kosten für die öffentliche Hand haben einen überregionalen Umfang. Sie können zum größten Teil nicht mehr durch das betroffene Land/die betroffenen Länder aus eigenen Mitteln getragen werden. Umschichtungen im Haushalt können den Mittelbedarf nicht abdecken, ein Nachtragshaushalt muss auf Landesebene verabschiedet werden. Aufgrund der gesamtstaatlichen Verantwortung sind Bundeshilfen notwendig.
- D:** Durch das Ereignis verursachte Kosten für die öffentliche Hand haben einen so großen, überregionalen bis bundesweiten Umfang, dass der Bund aufgrund seiner gesamtstaatlichen Verantwortung kurz- bis mittelfristig begrenzte Finanzmittel zur Verfügung stellen muss. Umschichtungen im Haushalt können den Mittelbedarf nicht abdecken, ein Nachtragshaushalt auf Bundesebene muss verabschiedet werden. Das EU-Hilfsprogramm kann in Anspruch genommen werden.
- E:** Sehr große Auswirkungen. Durch das Ereignis verursachte Kosten für die öffentliche Hand haben einen solch erheblichen, überregionalen bis bundesweiten Umfang, dass der Bund aufgrund seiner gesamtstaatlichen Verantwortung mittel- bis langfristig umfangreiche Finanzmittel zur Verfügung stellen muss. Ein Nachtragshaushalt muss infolge des Ereignisses verabschiedet und auch die mittelfristige Finanzplanung muss erheblich nachgebessert werden. Dies hat Auswirkungen auf andere Bereiche des Bundeshaushaltes. EU-Hilfen sind erforderlich (EU-Solidaritätsfonds).

**Schadensparameter: Auswirkungen auf die private Wirtschaft (V<sub>2</sub>)****Schadensausmaß-Klassen:**

- A:** Durch das Ereignis verursachte Kosten für die Privatwirtschaft können annähernd vollständig durch die betroffenen Unternehmen getragen werden. Es gibt keine überregionalen Auswirkungen.
- B:** Durch das Ereignis verursachte Kosten für die Privatwirtschaft können zum größten Teil durch die betroffenen Unternehmen getragen werden. Es gibt geringe überregionale Auswirkungen.
- C:** Durch das Ereignis verursachte Kosten für die Privatwirtschaft haben einen überregionalen Umfang und ein Teil der betroffenen Unternehmen kann diese nicht aus eigener Kraft tragen. Kurz- bis mittelfristige Umsatzausfälle sind für die betroffenen Branchen bzw. Firmen zu erwarten. Einige Firmen gehen in die Insolvenz, weitere Firmen sind von Insolvenz bedroht; in einigen Branchen sind kurzfristige überregionale Auswirkungen (Zulieferfirmen) festzustellen.
- D:** Durch das Ereignis verursachte Kosten für die Privatwirtschaft haben einen großen, überregionalen Umfang, und viele der betroffenen Unternehmen können diese nicht aus eigener Kraft tragen. Mittel- bis längerfristige Umsatzausfälle sind für die betroffenen Branchen bzw. Firmen zu erwarten. Zahlreiche Firmen gehen in die Insolvenz, weitere Firmen sind von Insolvenz bedroht; in einigen Branchen sind mittelfristige überregionale Auswirkungen (Zulieferfirmen) festzustellen. Der Bund ist gefordert, Wiederaufbauprogramme zu fördern. Rezession droht.
- E:** Durch das Ereignis verursachte Kosten für die Privatwirtschaft haben einen erheblichen, überregionalen Umfang, und ein Großteil der betroffenen Unternehmen kann diese nicht aus eigener Kraft tragen. Langfristige Umsatzausfälle sind für die betroffenen Branchen bzw. Firmen zu erwarten. Eine Vielzahl an Firmen geht in die Insolvenz, viele weitere Firmen sind von Insolvenz bedroht; in einigen Branchen sind bundesweite Auswirkungen (Zulieferfirmen) festzustellen. Die gesamte Volkswirtschaft gerät aufgrund des Ereignisses in eine Rezession, Konjunkturprogramme sind notwendig.

**Schadensparameter: Auswirkungen auf die privaten Haushalte (V<sub>3</sub>)****Schadensausmaß-Klassen:**

**A:** ≤ 4.000 Haushalte betroffen

**B:** > 4.000 - 40.000 Haushalte betroffen

**C:** > 40.000 - 200.000 Haushalte betroffen

**D:** > 200.000 - 400.000 Haushalte betroffen

**E:** > 400.000 Haushalte betroffen

**Anmerkung:**

Definition "betroffen": Haushalte, die die Wiederherstellung nicht aus eigener Kraft bewältigen können.

**Schutzgut IMMATERIELL****Schadensparameter: Auswirkungen auf die öffentliche Sicherheit und Ordnung (I<sub>1</sub>)****Schadensausmaß-Klassen:**

- A:** Aufrechterhaltung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung ist problemlos möglich.
- B:** Aufrechterhaltung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung ist auf regionaler Ebene mit leicht erhöhtem Aufwand möglich.
- C:** Aufrechterhaltung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung ist auf regionaler bis überregionaler Ebene nur mit erhöhtem Aufwand möglich.
- D:** Aufrechterhaltung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung ist überregional mit großem Aufwand verbunden bzw. regional gefährdet.
- E:** Aufrechterhaltung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung ist überregional bis bundesweit gefährdet.

**Schadensparameter: Politische Auswirkungen (I<sub>2</sub>)****Schadensausmaß-Klassen:**

- A:** Politische Auswirkungen auf regionaler Ebene.
- B:** Politische Auswirkungen auf überregionaler bis Landesebene.
- C:** Politische Auswirkungen auf Landes- bis Bundesebene.
- D:** Große politische Auswirkungen bis auf Bundesebene.
- E:** Sehr große politische Auswirkungen bis auf Bundesebene.

**Schadensparameter: Psychologische Auswirkungen (I<sub>3</sub>)****Schadensausmaß-Klassen:**

- A:** ≤ 100.000 Personen betroffen
- B:** > 100.000 - 1.000.000 Personen betroffen
- C:** > 1.000.000 - 10.000.000 Personen betroffen
- D:** > 10.000.000 - 40.000.000 Personen betroffen
- E:** > 40.000.000 Personen betroffen

**Anmerkung:**

Betrachtet wird hier das Ausmaß der Auswirkungen des Ereignisses auf das Empfinden/Verhalten der Bevölkerung, dies umfasst verändertes Arbeits-, Sozial- und Konsumverhalten.

**Schadensparameter: Schädigung von Kulturgut (I<sub>4</sub>)****Schadensausmaß-Klassen:**

**A:**  $\leq 0,05$  % der als Kulturgut gemäß Haager Konvention gekennzeichneten Bauwerke beschädigt/zerstört

**B:**  $> 0,05$  % -  $0,1$  % der als Kulturgut gemäß Haager Konvention gekennzeichneten Bauwerke beschädigt/zerstört

**C:**  $> 0,1$  % -  $0,5$  % der als Kulturgut gemäß Haager Konvention gekennzeichneten Bauwerke beschädigt/zerstört

**D:**  $> 0,5$  % -  $1$  % der als Kulturgut gemäß Haager Konvention gekennzeichneten Bauwerke beschädigt/zerstört

**E:**  $> 1$  % der als Kulturgut gemäß Haager Konvention gekennzeichneten Bauwerke beschädigt/zerstört

