

Maximilian Kanig (IÖW), André Schröder (IÖW)

# Methodik eines mesoskaligen Wertermittlungsverfahrens zu den Schadenspotenzialen an der deutschen Nord- und Ostseeküste



# Impressum

Herausgeber:

Institut für ökologische  
Wirtschaftsforschung (IÖW)

Potsdamer Straße 105

D-10785 Berlin

Tel. +49 – 30 – 884 594-0

Fax +49 – 30 – 882 54 39

E-mail: [mailbox@ioew.de](mailto:mailbox@ioew.de)

[www.ioew.de](http://www.ioew.de)

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung.....</b>	<b>6</b>
1.1	Prämissen dieser Analyse.....	7
1.2	Untersuchungsgebiet .....	7
<b>2</b>	<b>Arbeit im GIS .....</b>	<b>8</b>
2.1	Datenakquise und -aufbereitung.....	8
2.1.1	Digitales Höhenmodell (DHM) .....	8
2.1.2	Landnutzungsdaten .....	11
2.1.3	Verkehrsflächen.....	11
2.1.4	Verwaltungsgrenzen .....	13
2.2	Datenverschneidung .....	13
<b>3</b>	<b>Berechnung des Schadenspotenzials und der Schäden .....</b>	<b>14</b>
3.1	Inwertsetzung.....	14
3.1.1	Wohnkapital .....	14
3.1.2	Hausrat .....	15
3.1.3	PKW-Vermögen.....	17
3.1.4	Anlagevermögen der Wirtschaftsbereiche.....	17
3.1.5	Vorratsvermögen .....	17
3.1.6	Viehvermögen.....	17
3.1.7	Verkehrsflächen.....	18
3.1.8	Bodenwerte.....	19
3.1.9	Nicht-berücksichtigte Schadenskategorien .....	19
3.2	Anwendung der Schadensfunktionen .....	20
3.3	Darstellung im GIS .....	21
<b>4</b>	<b>Fehlerbetrachtung und Diskussion der Methodik.....</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>Fazit.....</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>24</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.: Potenzielle Überschwemmungsgebiete an Nord- und Ostsee .....	10
Abb. 2: Erhöhung der Details für Siedlungsflächen am Beispiel Hamburg.....	12
Abb. 3: Ausschnittsweise Darstellung des Schadenspotenzials pro m <sup>2</sup> .....	19
Abb. 4: Verwendete Schadensfunktionen.....	21

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Erhobene Wertkategorien, Eingangsgrößen, zugewiesene Landnutzungskategorien sowie erforderliche Berechnungen .....	16
---	----

## Abkürzungsverzeichnis

DHM:	Digitales Höhenmodell
GIS:	Geoinformationssystem
HHThw:	höchster gemessener Tidenhochwasserstand
IPCC:	International Panel on Climate Change
NAV:	Nettoanlagevermögen
OSM:	Open Street Map
SVB:	Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte_r
VGR:	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung
VV:	Vorratsvermögen

# 1 Einführung

Klimawandel und der damit einhergehende Meeresspiegelanstieg ist unausweichlich. Im Bereich des Küstenschutzes stellt sich die Frage, ob es eine Alternative zum immer weiteren Deichausbau geben kann. Für dieses Bemühen, das früher oder später an Aufwand und Kosten scheitern könnte, muss zunächst einmal bestimmt werden, wo sich die schützenswertesten Flächen befinden, um über alternative Anpassungsmaßnahmen entscheiden zu können. Im Rahmen der beiden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt „Ökonomie der Anpassung an den Klimawandel - Integration ökonomischer Modellierungen und institutioneller Analyse auf verschiedenen Skalenebenen“ (econCCadapt) und „Regionale Anpassungsstrategien für die deutsche Ostseeküste“ (RADOst) wurde nun versucht, mit einer einheitlichen Methode potentielle wirtschaftliche Schäden, die durch steigende Meeresspiegel und die damit verbundenen höheren Sturmfluten auftreten können, für die gesamte deutsche Küste zu quantifizieren.

Diese Schadens(-potenzial-)analyse sollte unter der Nutzung frei verfügbarer Geodaten mit Open-Source-GIS-Software (i.e. QGIS mit GRASS GIS) erstellt werden, um das Schadenspotenzial für solche Gebiete der Nord- und Ostseeküste zu analysieren, die im Einflussbereich von höheren Überschwemmungsrisiken durch den Klimawandel liegen. Dabei wurden anhand aktueller Literatur zu Klimawandel und Meeresspiegelanstieg drei verschiedene Szenarien entworfen.

Auch wenn diese Gebiete die tatsächlichen Überschwemmungsgebiete aufgrund der Eindeichung der gesamten Nordseeküste bei weitem überschätzen, ist das Schadenspotenzial eine gute Möglichkeit, sich der Wertermittlung für Überschwemmungsschäden anzunähern (Hammann & Reese 2000). Einflussgrößen wie Deichbruchszenarien, Geländerauigkeit oder der Einfluss von Gezeiten auf Sturmfluten können aufgrund der Beschaffenheit der Datensätze, anders als beispielsweise bei Mai et al. (2004), nicht berücksichtigt werden.

Die Schadenspotenzialanalyse ist laut Kiese & Leineweber (2001) am besten geeignet, den Nutzen von Küstenschutzmaßnahmen zu quantifizieren und, im Falle knapper öffentlicher Mittel, abschätzen zu können, wo Ausbaumaßnahmen von Deichsystemen am effizientesten umgesetzt werden können. Die vorliegende Methode könnte durch die Nutzung freier Daten und freier Software unter bestimmten Umständen zu einer weiteren Effizienzsteigerung beitragen.

Eine hydrologisch und räumlich exaktere Analyse der möglichen Schäden ist insofern für vorliegende Maßstabsebene gar nicht sinnvoll, zum einen aus verarbeitungstechnischen Gründen, zum anderen, weil eher die Konzentration von Werten im Vordergrund steht, und nicht die exakte, monetäre Quantifizierung von Flutschäden an einem spezifischen Ort. Von daher scheint es auch vertretbar, bei den Aspekten Landnutzung und Höhendarstellung auf weniger genaue Daten zurückzugreifen, sofern gleichzeitig die genutzten statistischen Daten akkurat sind. Diese statistischen Daten werden im Unterschied zu anderen großskaligen Analysen (vgl. Ebenhöf et al. 1997) auch nicht gleichverteilt auf das gesamte Bundesland, sondern werden auf Landkreisebene auf die einzelnen Flächennutzungskategorien verteilt. Durch die

Verwendung mesoskaliger Methoden kann Kritik an großskaligen Analysen, wie beispielsweise vom BWK (2001) geäußert, teilweise zurückgewiesen werden.

## 1.1 Prämissen dieser Analyse

Bei der Untersuchung wurden ausschließlich direkte, tangible Schäden berücksichtigt. Das sind monetarisierbare Schäden, die mithilfe öffentlich zugänglicher Statistiken berechnet werden können. Schäden an Menschen und die Einschränkung von naturräumlichen Funktionen können und sollten aus ethischen Gründen und der hohen Komplexität häufig nicht in Geldwert gesetzt werden. Auch indirekte Schäden und Kosten für Evakuierungen, Produktionseinbrüche oder Seuchenschutz konnten auf einer so großräumigen Ebene und mit vorhandenen personellen Kapazitäten nicht berücksichtigt werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Analyse sollten daher immer unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen betrachtet werden.

Daten von höheren räumlichen Ebenen auf kleinere Einheiten herunter zu brechen, führt häufig zu Schätzfehlern, daher wurden nach Möglichkeit Daten bevorzugt, die schon auf Kreisebene vorliegen (Meyer 2005: 106). Dies trifft in diesem Falle auf die Anzahl der PKW, Nettoanlagevermögen der Wirtschaftszweige, den Viehbestand, Einwohnerzahlen sowie die landwirtschaftlichen Flächen zu, welche in Schleswig-Holstein liegen. Bodenwerte für die niedersächsischen und mecklenburg-vorpommerschen Kreise mussten von der Landesebene auf die Kreisebene übertragen werden. Da die Werte für Hausrat, Wohnkapital, Vorratsvermögen und Verkehrsflächen ebenfalls nur auf höheren Ebenen vorlagen oder per standardisiertem Verfahren berechnet wurden, kann hier von einer Verfälschung ausgegangen werden.

## 1.2 Untersuchungsgebiet

An Nord- und Ostsee gibt es viele kleinräumigere Studien zum Thema Schadenspotenzialanalyse und Wertermittlung (vgl. z.B. Hamann & Reese 2000; BWK 2001; Reese et al. 2003; Mai et al. 2004; Meyer 2005; Phommavapy 2014). Der Anspruch dieser Analyse war, deren Methoden auf ein größeres, zusammenhängendes Gebiet anzuwenden; also die Methoden der mesoskaligen Analysen großräumig anzuwenden. Da sich das Projekt vor allem mit der ökonomischen Bewertung von Anpassungsmaßnahmen auf der nationalen bzw. überregionalen Ebene befasst, war diese großskalige Betrachtungsweise unausweichlich (Markau & Reese 2003). Möglich wurde dies durch Nutzung gröber aufgelöster Geodaten, was die Rechnerkapazitäten schonte. Per statischer Verschneidung des Geländes mit potenziellen Überschwemmungshöhen wurde das Untersuchungsgebiet begrenzt. Mit mehr verfügbarer Zeit wäre auch eine räumliche Interpolation von konkreten Pegelständen für Stationen entlang der Küsten denkbar gewesen, da sich Pegelstände von Ort zu Ort je nach vorherrschenden küstenmorphologischen und -klimatischen Gegebenheiten unterscheiden. Die statische Verschneidung von Höhen ist jedoch in Deutschland noch die am weitesten und mit Abstand die einfachste Methode, um sich Überflutungsflächen anzunähern (Meyer 2005).

In Niedersachsen wurden Daten erhoben für die Landkreise bzw. kreisfreien Städte Ammer-

land, Aurich, Cloppenburg, Cuxhaven, Delmenhorst, Diepholz, Emden, Emsland, Friesland, Harburg, Leer, Lüneburg, Oldenburg (Landkreis), Oldenburg (Stadt), Osterholz, Rotenburg/Wümme, Stade, Verden, Wesermarsch, Wilhelmshaven und Wittmund.

In Schleswig-Holstein sind die Kreise Dithmarschen, Herzogtum Lauenburg, Nordfriesland, Ostholstein, Pinneberg, Plön, Rendsburg-Eckernförde, Schleswig-Flensburg, Segeberg, Steinburg, Stormarn, sowie die kreisfreie Stadt Kiel betroffen und in Mecklenburg-Vorpommern Mecklenburgische Seenplatte, Nordwestmecklenburg, Rostock (Stadt und Kreis), Vorpommern-Greifswald und Vorpommern-Rügen.

Auch Hamburg und Bremen (mit Bremerhaven) wurden berücksichtigt (vgl. Abbildung 1).

## 2 Arbeit im GIS

Als „Geographische Informationssysteme“ (GIS) werden computergestützte Systeme zur Erfassung, Bearbeitung, Organisation, Analyse und Präsentation von im Raum verorteten Informationen bezeichnet. Es existieren zwei Datentypen, welche in einem GIS bearbeitet werden können: Zum einen Rasterdaten wie Kartenscans oder Satellitenbilder, bei denen die einzelnen Pixel mit weiteren Informationen (wie zum Beispiel spektralen Informationen oder Höhenwerten) belegt sind; zum anderen Vektordaten, mit denen sich Punkte, Linien und Polygone darstellen lassen. Diese Objekte können über Attributtabelle mit umfangreichen Informationen verknüpft werden. Jeder der beiden Datentypen hat Vor- und Nachteile in der Handhabung, außerdem unterscheiden sich die damit durchführbaren Operationen.

Im Falle der vorliegenden Analyse wurde das quelloffene, freie Programm „QGIS“<sup>1</sup> benutzt, welches in seiner aktuellsten Version (2.4 „Chugiak“) auch die mächtigen Werkzeugkisten von GRASS GIS und SAGA GIS integriert. Dies lässt den Funktionsumfang fast auf den eines proprietären GIS (z.B. ArcGIS von ESRI) anwachsen.

### 2.1 Datenakquise und -aufbereitung

#### 2.1.1 Digitales Höhenmodell (DHM)

Das Digitale Geländemodell DGM200<sup>2</sup> des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG) beschreibt die Geländeformen der Erdoberfläche durch eine in einem regelmäßigen Gitter angeordnete, in Lage und Höhe georeferenzierte Punktmenge. Das Modell kommt durch die Kombination verschiedener Methoden wie Digitalisierung von Höhenkarten, Photo-

---

<sup>1</sup> <http://www.qgis.org/de/site/#>

<sup>2</sup> [http://www.geodatenzentrum.de/geodaten/gdz\\_rahmen.gdz\\_div?gdz\\_spr=deu&gdz\\_akt\\_zeile=5&gdz\\_anz\\_zeile=1&gdz\\_unt\\_zeile=3&gdz\\_user\\_id=0](http://www.geodatenzentrum.de/geodaten/gdz_rahmen.gdz_div?gdz_spr=deu&gdz_akt_zeile=5&gdz_anz_zeile=1&gdz_unt_zeile=3&gdz_user_id=0)



grammetrie und Laserscanning zustande. Die Gitterweite beträgt 200 m, die Höhengenaugigkeit beträgt geländetypabhängig  $\pm 3$  bis 10 m, die horizontale Ortsgenaugigkeit ist  $\pm 1$  bis 3 m. In flachen Gebieten wie dem Untersuchungsgebiet kann von geringeren Ungenauigkeiten ausgegangen werden. Die Höhengenaugigkeit ist zwar 0.01 m, dies ist jedoch nur begrenzt sinnvoll, da durch die starke Generalisierung eine falsche Genauigkeit vorgetäuscht wird (GeoBasis-DE/BKG 2013). Eine umfassende Kritik der Nutzung frei verfügbarer, grob aufgelöster DHM zur Überschwemmungssimulation findet sich bei Van de Sande et al. (2012). Im Fall des Projekts stellt die Wahl jedoch einen Kompromiss zwischen freier Verfügbarkeit, Genauigkeit und bearbeitbarer Datengröße für das Untersuchungsgebiet dar. Von der Verwendung frei verfügbarer, räumlich besser aufgelöster Höhenmodellen (wie den Höhenmodellen des „Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer“ (ASTER) oder „Shuttle Radar Topography Mission“ (SRTM, beide 90 m horizontale Auflösung, USGS 2013)) wurde aufgrund der Beschaffenheit der Datensätze und ihrer Größe abgesehen. Außerdem ist die Höhengenaugigkeit dieser ausschließlich per Satellit erfassten Höhenkarten noch geringer (USGS 2014).

Das DGM200 steht im Downloadbereich des BGK als GRID-ASCII (Dateiendung .asc) bereit, daher müssen diese im GIS zunächst einmal in eine Rasterdatei umgewandelt werden<sup>3</sup>. Aus der Literatur und von Wasserschutzbehörden wurden Pegel und zukünftige klimabedingte Wasserstände ermittelt und im DHM farblich abgestuft dargestellt, um die Ausdehnung des Untersuchungsgebiets ermitteln zu können.

An der deutschen Nordseeküste würden Gebiete bis 5,5 m über Normalnull (ü.NN) schon heute von den bisher höchsten gemessenen Hochwasserständen (HHThw, NLWKN 2007) betroffen sein, die angenommenen Szenarien für den Meeresspiegelanstieg addieren 0,6 m bis 2100 (IPCC 2007, in NLWKN 2007) oder gar 1,4 m bis 2100 („Worst Case“-Szenario nach Rahmstorf 2007 und Grinsted et al. 2009) zum HHThw. Die entsprechenden Kategorien für die Ostsee sind, wie in Phommavapay (2014) dargestellt, 3,3 m (Durchschnittswert der HHThw an der Ostsee, sogenanntes „Best-Case-Szenario“<sup>4</sup> (Meier 2007)). Die beiden Szenarien gehen von Wasserständen nach Einrechnung des Klimawandels wie bei der Nordsee von durchschnittlich 3,9 m ü.NN bzw. 4,7 m ü.NN aus.

Nach dem Zuschneiden auf die Fläche der zusammenhängenden betroffenen Landkreise, wurde das DHM noch weiter auf Gebiete unter 7 m und unter 4,7 m reduziert. Für die Schadenspotenzialanalyse musste das DHM des Untersuchungsgebiets (unter 7 m (Nordsee) oder unter 4,7 m (Ostsee)) in 0.2 m (Ostsee)-, bzw. 0.25 m-Abständen reklassifiziert und in Vektordaten umgewandelt werden. Da es sich bei den Höhenangaben um Float-Daten handelt, konnten diese nicht einfach mit dem GRASS-GIS-Modul `r.reclass` („Reclassification of ras-

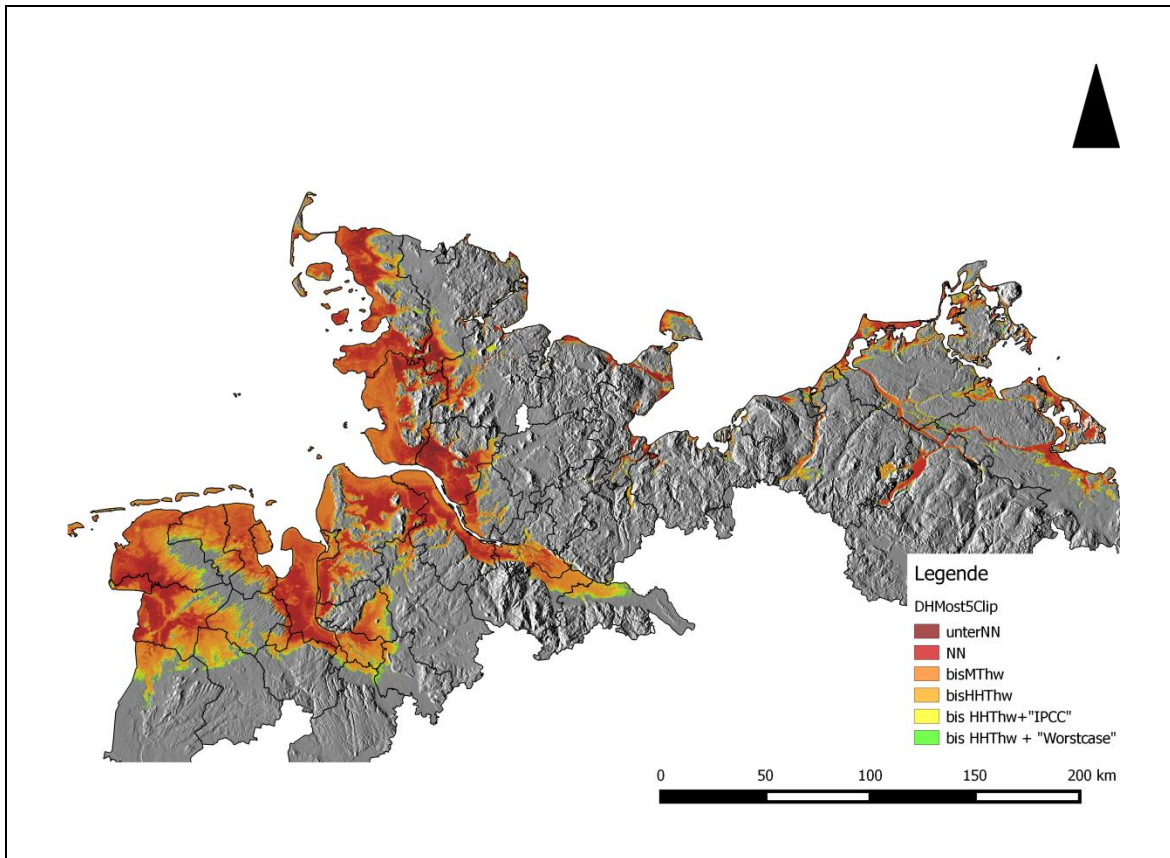
---

<sup>3</sup> Convert to Raster - ASCII to Raster

<sup>4</sup> Anmerkung: Deiche, sofern vorhanden, wurden an diesem Fall ausgerichtet (Meier 2007)

ters“) umgewandelt werden, es musste das Modul `r.recode`<sup>5</sup> verwendet werden. Dafür wurde zunächst eine Text-Datei erstellt, in der die Float-Höhenwerte in Kategorien nach dem Schema -1:0:1<sup>6</sup> eingeteilt wurden, denen dann ein neuer Wert zugeteilt werden konnte (i.e. von 1-34 für die Nordseeküste).

In einem letzten Schritt wurden die umcodierten Rasterzellen in Vektorpolygone umgewandelt, um die Geländehöhenkategorien mit CORINE und den OSM-Datensätzen verschneiden zu können.



**Abbildung 1: Potenzielle Überschwemmungsgebiete an Nord- und Ostsee**  
Gezeigt werden nur betroffene Landkreise, Neumünster ist daher weiß dargestellt.  
Quelle: DHM200 (GeoBasis-DE/BGK 2013), Kreisgrenzen (geodatenzentrum.de)

<sup>5</sup> <http://grass.osgeo.org/grass65/manuals/r.recode.html>

<sup>6</sup> Dies bedeutet: „Weise Punkten mit Höhenwerten zwischen -1 m und 0 m den neuen Wert 1 zu.“

## 2.1.2 Landnutzungsdaten

Der Download der CORINE-Landuse-Daten für 2006 (CLC2006) geschah durch Bestellung vom Server des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR)<sup>7</sup>. Nach Zuschicken der Zugangsdaten (Serveradresse und Passwort) konnte der Datensatz heruntergeladen werden. Der Maßstab dieser Daten ist 1:100.000, was dazu führt, dass Objekte, die kleiner als 25 ha (Neuerfassungsmindestgröße) oder schmaler als 100 m nicht aufgenommen werden. Änderungen zum Vormodell CORINE 2000 werden allerdings schon ab einer Mindestkartiereinheit („minimal mapping unit - MMU“) von 5 ha erfasst. Als primäre Datengrundlage dieser Landnutzungskartierung standen Satellitendaten (SPOT-4 HRV, SPOT-5 HRV und IRS-P6 LISS-III) zur Verfügung mit Sommer- und Frühjahrsabdeckung, um aufgrund von Farbänderungen beispielsweise Äcker von ganzjährigen Weiden unterscheiden zu können. Ein weiterer Vorteil der multisaisonalen Herangehensweise ist die akkuratere Begrenzung von Flächen. Die Farbkodierung der Vektoren ist für Landnutzungsmodelle standardisiert und muss separat eingelesen werden für eine genormte, farbige Darstellung. Da die mitgelieferte .avl-Datei (spezifisches ESRI-Dateiformat) nicht mit QGIS kompatibel ist, musste die Legende erst als .qml-Datei abgespeichert werden<sup>8</sup>.

Um den Datensatz handhabbarer und übersichtlicher zu machen, wurde er in QGIS zunächst auf die relevanten Nutzungskategorien, sowie auf die Gesamtheit der 45 betroffenen Landkreise und kreisfreien Städte zugeschnitten. Ausgeschlossen wurden so die CLC2006-Klassen „131-Abbauflächen“, „132-Deponien und Abraumhalden“, „133-Baustellen“, „141-Städtische Grünflächen“, „142-Sport und Freizeitanlagen“, und alle naturräumlichen Klassen zwischen „311-Laubwald“ und „421- Salzwiesen“. Auch Wasserflächen (423 – 523) wurden ausgeschlossen, mit dem Vorteil, dass beim Verschneiden diese Flächen auch gleich aus dem Höhenmodell ausgeschlossen werden konnten.

Alle übrigen, in Wert gesetzten Flächen finden sich in Tabelle 1.

## 2.1.3 Verkehrsflächen

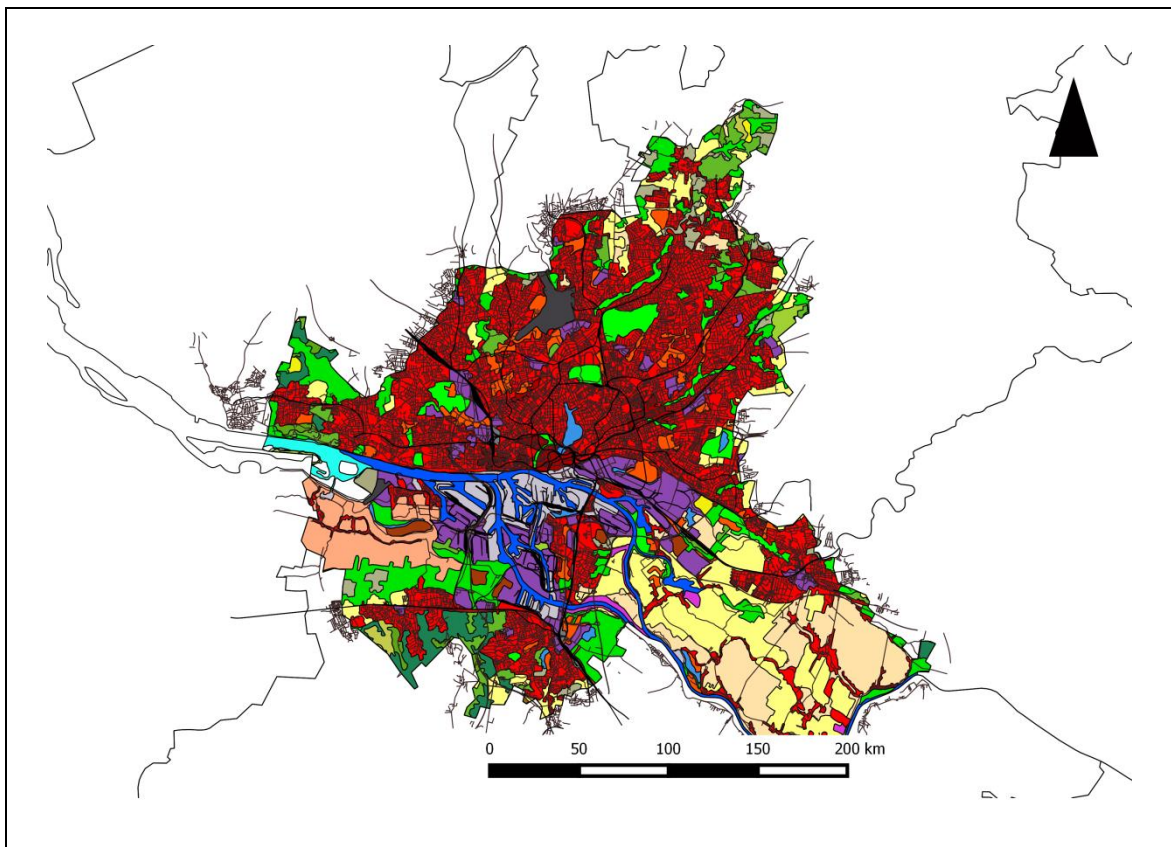
Aufgrund der groben Auflösung des CORINE-Datensatzes schien es angebracht, diesen teilweise mit höher aufgelösten Daten zu verknüpfen, um die Genauigkeit zu erhöhen. Open Street Map (OSM) bezieht seine Daten aus einem kollaborativen Prozess einer immer größer werdenden Kartiercommunity. Gerade für Deutschland ist die räumliche Abdeckung mittlerweile sehr umfangreich und akkurat. OSM-Daten können vom Server der „Geofabrik“<sup>9</sup> für jedes Bundesland heruntergeladen werden. Die Wahl fiel auf die „roads“ und „rails“-Datensätze für

<sup>7</sup> [http://corine.dfd.dlr.de/datadescription\\_2006\\_en.html](http://corine.dfd.dlr.de/datadescription_2006_en.html)

<sup>8</sup> Es existiert zwar ein Python-Skript zur Umwandlung von .avl zu .qml Dateien, im vorliegenden Fall war es einfacher, für die Darstellung in QGIS die Legende per Hand einzustellen und diese dann als .qml-Datei abzuspeichern.

<sup>9</sup> <http://download.geofabrik.de/europe/germany.html>

das Untersuchungsgebiet, weil nur sehr breite Straßen- und Bahnanlagen (über 200 m Breite) in CORINE auftauchen. Für Hamburg wird so zum Beispiel nur eine Handvoll Flächen als Verkehrsflächen klassifiziert. Der hohe Detailreichtum führt allerdings auch dazu, dass die einzelnen Shapefiles mehrere zehn MB groß sind, einige („roads“ für Niedersachsen) sind über 150 MB groß. In der Attributtabelle sind dies für den letzteren Fall über 800.000 Zeilen, wodurch sich die Reinigung des Datensatzes mit der vergleichsweise geringen Rechnerkapazität als sehr langwierig herausstellte. Auch der Umstand, dass in OSM für deutsche Verhältnisse internationale Kategorienbezeichnungen benutzt werden, machte die Aufbereitung dieser Datensätze schwieriger. Kategorien wie „disused“, „abandoned“ konnten per SQL-Abfrage von vornherein ausgeschlossen werden, andere Kategorien wie „paths“, „footways“ und „cycleways“ wurden nach reiflicher Prüfung ebenfalls ausgeschlossen, da die eindeutige Inwertsetzbarkeit dieser sehr vagen Kategorien nicht gewährleistet werden konnte. Nach dieser „Reinigung“ umfassten die Datensätze noch ungefähr die Hälfte der Daten.



**Abbildung 2: Erhöhung der Details für Siedlungsflächen am Beispiel Hamburg**  
Über den CORINE Datensatz wurden die OSM-Daten für Straßen und Bahngleise gelegt.

Zur Abschätzung der Ausdehnung und Länge der jeweiligen Straßen- und Schienenabschnitte wurden die Datensätze zunächst in ein längentreues Koordinatensystem<sup>10</sup> überführt, dann mithilfe des „Calculate Geometry-> \$length“-Befehls die Länge in Kilometern berechnet.

Abschließend wurden sämtliche Verkehrsdaten der Bundesländer miteinander verknüpft, um die spätere Verschneidung mit Gemeindegrenzen und Höhen einfacher zu gestalten.

## 2.1.4 Verwaltungsgrenzen

Ein Vektordatensatz mit den Grenzen der Landkreise Deutschlands ist frei erhältlich vom Datenserver des Geodatenzentrums herunterladbar<sup>11</sup>. Diese Multipolygone wurden per Attributauswahl auf die relevanten Landkreise und kreisfreien Städte des Untersuchungsgebietes zugeschnitten (BGK 2014). Für die gesamte deutsche Küste sind dies 44 Kreise, von denen 29 in von der Nordsee bedrohten Gebieten liegen, acht liegen nur im Einflussgebiet der Ostsee und sechs Kreise beinhalten Flächen, die sowohl von der Nord- als auch von der Ostsee betroffen sind (bei vier davon allerdings nur zu sehr kleinen Teilen, welche zum Teil vermutlich Relikte sind).

## 2.2 Datenverschneidung

Zunächst wurde das DHM mit den Verwaltungsgrenzen Deutschlands geclippt, um Teile der Nord- und Ostsee, sowie Ästuare, die mit aufgenommen wurden, auszuschließen.

Die Funktion „Intersect“ aus dem Vektormenü in QGIS wurde danach dazu benutzt, nur die Überschneidungen von 2 Shape-Datensätzen anzuzeigen. In mehreren Arbeitsschritten wurde durch die Verschneidung von dem codierten DHM-Shape, CORINE Landcover Data und den Landkreisen ein neuer Datensatz erstellt, bei dem die Features aller Shapes in einer Attributtabelle zusammengefasst werden. Dadurch, dass die unterschiedlichen Überschwemmungshöhen als Zahlencode zwischen 1 und 34 bzw. 1 und 42 dargestellt wurden, konnten durch nur einen Verschneidungsvorgang später das Schadenspotenzial berechnet werden und auch die Schadensfunktionen angewandt werden. Die OSM-Daten konnten ebenso mit dem vektorbasierten DHM und den Landkreisen verschnitten werden. Um Aussagen über die betroffenen Flächen treffen zu können, wurde der neue Landnutzungsdatensatz in ein flächentreues Koordinatensystem überführt<sup>12</sup>.

Die Gesamtfläche der 45 betroffenen Landkreise wurde auch mit CORINE verschnitten, um Werte pro m<sup>2</sup> und pro Einwohner\_in bilden zu können.

---

<sup>10</sup> In diesem Falle EPSG:102016, „North\_Pole\_Azimuthal\_Equidistant“

<sup>11</sup> [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_download/vg/vg250\\_0101/vg250\\_0101.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_download/vg/vg250_0101/vg250_0101.pdf)

<sup>12</sup> EPSG:102017, North Pole Lambert Azimuthal Equal Area

## 3 Berechnung des Schadenspotenzials und der Schäden

### 3.1 Inwertsetzung

Die einzelnen Werte wurden für die Landes- und Kreisebene ermittelt und dann auf die Flächennutzungen heruntergebrochen („Top-Down-Ansatz“, Meyer 2005). Hierbei wurden zunächst einmal die Gesamtlächen jeder Landnutzungskategorie pro Landkreis aus dem GIS extrahiert. Die aus der Regionalstatistik ermittelte Gesamtheit der Wertkategorien wurde dann auf die jeweiligen Flächen aufgeteilt, um für jeden Landkreis Werte in €/m<sup>2</sup> oder Einwohner\_in/m<sup>2</sup> bilden zu können. Als möglichst aktuelles Bezugsjahr wurde 2012 gewählt, sodass ein einheitliches Jahr für alle gewählten Schadenskategorien gefunden werden konnte.

Diese konnten im Folgenden dann mit den tatsächlich betroffenen Flächen der einzelnen Szenarien verknüpft werden, um das Gesamtschadenspotenzial eines jeden Landkreises zu ermitteln.

Die Bewertung der betrachteten Vermögenswerte erfolgte nach dem Nettoprinzip und zu Wiederanschaffungspreisen, um den Zeitwert (Wertverlust über die Zeit) angemessen berücksichtigen zu können (vgl. Meyer 2005; Phommavapy 2014). Preise von Vermögensobjekten können so nach den aktuellen Werten evaluiert werden; zudem erlaubt das Nettoprinzip, die mit der fortschreitenden Lebensdauer eines Produktes anfallenden Abschreibungen zu integrieren (Kiese & Leineweber 2001). In Tabelle 1 werden die notwendigen Inputs und Berechnungen zur Inwertsetzung der einzelnen Flächen aufgeführt.

Durch Erstellung von Pivot-Tabellen in Excel (im Prinzip dreidimensionale Datenmatrizen) können sowohl Gesamtlächen/-längen als auch Schadenspotenziale für die 3 Überschwemmungsszenarien ausgelesen werden.

Für die einzelnen Wertkategorien wurden zunächst einmal die absoluten Werte pro Kreis bestimmt. Nach Festlegung, auf welche CORINE-Flächen sich diese Kategorien jeweils zu welchen Anteilen verteilen (z.B. Wohnkapital verteilt sich zu 50 % auf 111 und zu 50 % auf 112), konnten, nach Bestimmung der Gesamtlächen der jeweiligen Flächenarten pro Kreis, Quadratmeterpreise ermittelt werden. In einem letzten Schritt wurden alle für eine Flächennutzung relevanten Werte miteinander addiert, und diese dann in Excel den betroffenen Flächen zugeordnet.

Dann werden diese €/qm Werte auf die überflutungsgefährdeten Gebiete übertragen, um das Schadenspotenzial zu ermitteln. Deutlich anschaulicher, weil vergleichbarer ist hier jedoch die Betrachtung des Schadenspotenzials pro Quadratmeter (Abbildung 3).

#### 3.1.1 Wohnkapital

Aufgrund einer Veränderung in der Berechnung wird in neueren Ausgaben der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung das Wohnkapital nur noch als Teil des Bereichs „Finanzierung, Vermietung und Unternehmensdienstleistung“ auf Bundesebene ausgewiesen (Mai et al. 2004). Daher musste ein Pro-Kopf-Wert auf Bundesebene gebildet werden, der dann auf die Einwohner\_innenzahlen der betrachteten Landkreise übertragen werden konnte. Zu diesem Zweck wurde der Anteil des Grundstücks- und Wohnungsvermögen am Nettoanlagevermögen von 4514,4 Milliarden € (62 % des Gesamt-NAV Bauten, StaBA 2014) für ganz Deutschland auf jeden Einwohner\_in umgelegt, was in einem Wohnkapital von 55.127 €/Kopf resultierte.

Das so ermittelte Wohnkapital wurde zu 50 % den Flächen „überwiegend städtischer Prägung“ (111) und zu 50 % den Flächen „nicht-überwiegend städtischer Prägung“ (112) zugeordnet.

### 3.1.2 Hausrat

Genau wie das Wohnkapital wird auch das Hausratsvermögen nicht mehr in der VGR der Länder angegeben, daher wurde mit Meyer (2005) ein pauschales Annäherungsverfahren genutzt. Die Wohnfläche auf Landkreisebene wurde nach Reese (2003) mit den Versicherungswerten des Hausrats von 817 €/m<sup>2</sup> multipliziert, zudem wurde ein Zeitwert von 50% angesetzt (vgl. auch Phommavapay 2014, Meyer 2005). Analog zum Wohnvermögen wurde auch der Hausrat den Flächen 111 und 112 zugeordnet.

**Tabelle 1: Erhobene Wertkategorien, Eingangsgrößen, zugewiesene Landnutzungskategorien sowie erforderliche Berechnungen**

Wertkategorie	Eingangsgrößen	Quellen	Berechnungen	Zugewiesene Landnutzungskategorie(n)
Wohnkapital	Nettoanlagevermögen zu Wiederbeschaffungspreisen Bau- und Wohnungswesen (Bundesland) Einwohner(Kreis)	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung (VGR), Regionalstatistik	Anteil am GesamtNAV Bauten (62%), Pro-Kopf-Wert Deutschland als Wohnkapital/Einwohner bilden, Gesamtwohnpital pro Landkreis	111, 112
Hausratsvermögen	Wohnfläche (Gemeinde) Hausratswert/m <sup>2</sup> Wohnfläche	Regionalstatistik, Meyer (2005), Phommavapy (2014)	Wohnfläche * Hausratswert/m <sup>2</sup> * 50% (Zeitwert)	wie oben
PKW-Vermögen	PKW-Bestand Durchschnittswert Gebrauchtwagen	Regionalstatistik, DAT (2013)	Anzahl PKW * Durchschnittswert	wie oben
Anlagevermögen der Wirtschaftsbereiche: Landwirtschaft, Produzierendes Gewerbe, Handel und Verkehr, Dienstleistungen(ohne Bau und Wohngewerbe)	NAV nach Wirtschaftsbereichen (Landesebene) Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte (SVB) (Kreisebene)	Statistisches Bundesamt (VGR 2014), Regionalstatistik (SVB)	Pro-Kopf-Wert= NAV nach Wirtschaftsbereichen / Anzahl SVB Landesebene Gesamt NAV (Kreis)= pro Kopf-Wert * SVB nach Wirtschaftsbereichen auf Kreisebene	Handel und Verkehr: 111, 112, 121, 123, 124 (wechselnde Verhältnisse) Produzierendes Gewerbe: 121 Landwirtschaft: 112 (ohne kreisfr. Städte) Dienstleistungen: 111, 112
Vorratsvermögen der oben genannten Wirtschaftsbereiche	VV zum Teilwert nach Wirtschaftsbereichen 1995 (Bundesland)	Einheitswertstatistik 1995 (Meyer 2005)	Relation zwischen VV und NAV aus Einheitswertstatistik von 1995	wie oben
Viehvermögen	Viehbestand (Rinder, Schweine, Schafe)	Landwirtschaftskammern	Preis des Viehs * Anzahl pro Kreis	Schweine: 112, Rinder + Schafe: 231, 242 (50%)
Bodenwerte Landwirtschaft	Veräußerungswerte LW-Flächen	Statistikamt Nord, StaBA (2013)	Umwandlung von €/ha in €/m <sup>2</sup>	211, 222, 231, 242, 243 (50 %)
Straßen und Bahnlinien	Baukosten Straße und Bahnlinien	Meyer (2005)	Preis/km * betroffene Strecke * 50% Zeitwert	OSM-Datensätze



### 3.1.3 PKW-Vermögen

Der Wert eines durchschnittlichen deutschen Gebrauchtwagens im Jahr 2012 wurde mit 9.420 € (DAT 2013) angesetzt und mit der Gesamtheit der zugelassenen PKW pro Landkreis multipliziert (Meyer 2005). Dieser Wert wurde ebenso wie das Wohnkapital und Hausratsvermögen auf die beiden Flächen 111 und 112 verteilt, da angenommen werden musste, dass im Schadensfall die PKW bei ihren Besitzer\_innen bleiben. Da PKW hochmobil sind, kann sich an den Verbleib dieser sonst nur spekulativ angenähert werden.

### 3.1.4 Anlagevermögen der Wirtschaftsbereiche

Die Vorrats- und Nettoanlagevermögen für die drei Wirtschaftsbereiche Dienstleistungen, Land- und Forstwirtschaft und Produzierendes Gewerbe wurden aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung für die Bundesländer ausgelesen, und mithilfe der Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten auf die Landkreise heruntergebrochen. Aufgrund der differenzierten Auflistung der Beschäftigten pro Wirtschaftsbereich und -teilbereich in den Kreiszahlen der Regionalstatistik, konnten die Nettoanlagevermögen pro Kopf teilweise noch genauer aufgeteilt werden.

Das Teilanlagevermögen des Bereichs „Handel und Verkehr“ wurde neben städtisch geprägten Flächen auch Flughäfen, Industriegebieten und Häfen zugeordnet. Das Gesamtwohnpital eines Kreises wurde im Vorhinein vom NAV Dienstleistungen abgezogen. Die im Grundstücks- und Wohnungswesen Beschäftigten wurden bei der Inwertsetzung nicht berücksichtigt, um Doppelbewertungen zu vermeiden.

### 3.1.5 Vorratsvermögen

Da das Vorratsvermögen („Bestände an Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen, unfertigen und fertigen Erzeugnissen sowie Handelswaren“, [die] „zur alsbaldigen Veräußerung oder Weiterverarbeitung“ [bestimmt sind], StaBA 2014), nicht in der VGR aufgeführt wurde, musste dies näherungsweise durch Angaben aus der Literatur berechnet werden. Der Ansatz nach Meyer (2005), nach dem davon ausgegangen wird, dass sich das Verhältnis zwischen Vorrats- und Anlagevermögen wie es in der Einheitswertstatistik auf Länderebene von 1995 aufgeführt ist, bis heute nicht nennenswert verändert hat, scheint von allen Rechenwegen am praktikabelsten zu sein. In der vorliegenden Analyse wurde daher davon ausgegangen, dass das Vorratsvermögen je nach Wirtschaftszweig und Bundesland zwischen 0,29 % und 29,25 % des Nettoanlagevermögens liegt (Meyer 2005). In der Landwirtschaft ist der Anteil des Vorratsvermögens am kleinsten, im produzierenden Gewerbe erwartungsgemäß am höchsten. Außerdem ist das Verhältnis von VV zu NAV in den beiden Stadtstaaten höher als in den Flächenstaaten.

### 3.1.6 Viehvermögen

Das Viehvermögen wurde nach der bei Reese et al. (2003) angewandten Methode berechnet. Dafür wurden die Gesamtbestände für Schafe, Schweine und Rinder für jeden der betroffenen Kreise aus der Regionalstatistik ausgelesen und mit Durch-

schnittshandelspreisen der Landwirtschaftskammern belegt. Angaben zu Geflügelbeständen ließen sich nur auf Landesebene ermitteln, und wurden daher aus Gründen der Genauigkeit nicht berücksichtigt. Da es sich um aktuelle Marktpreise handelt, kann dieser Wert mit Wiederbeschaffungspreisen gleichgesetzt werden. Die Zahlen für Rinder und Schafe wurden durch die Gesamtflächen der Weideflächen eines jeden Kreises geteilt, und dann mit 1.500 €<sup>13</sup> bzw. 100€<sup>14</sup> multipliziert, um die Werte des Viehvermögens pro Quadratmeter der CLC2006-Landnutzungs-kategorie 231 („Wiesen und Weiden“) zu erhalten.

Da Schweine überwiegend in ländlichen Regionen in Ställen gehalten werden, wurden sie den „Flächen nicht-durchgängig städtischer Prägung“ (außerhalb der kreisfreien Städte) zugeordnet. Sie wurden mit einem durchschnittlichen Handelspreis von 160 € in Wert gesetzt<sup>15</sup>.

### 3.1.7 Verkehrsflächen

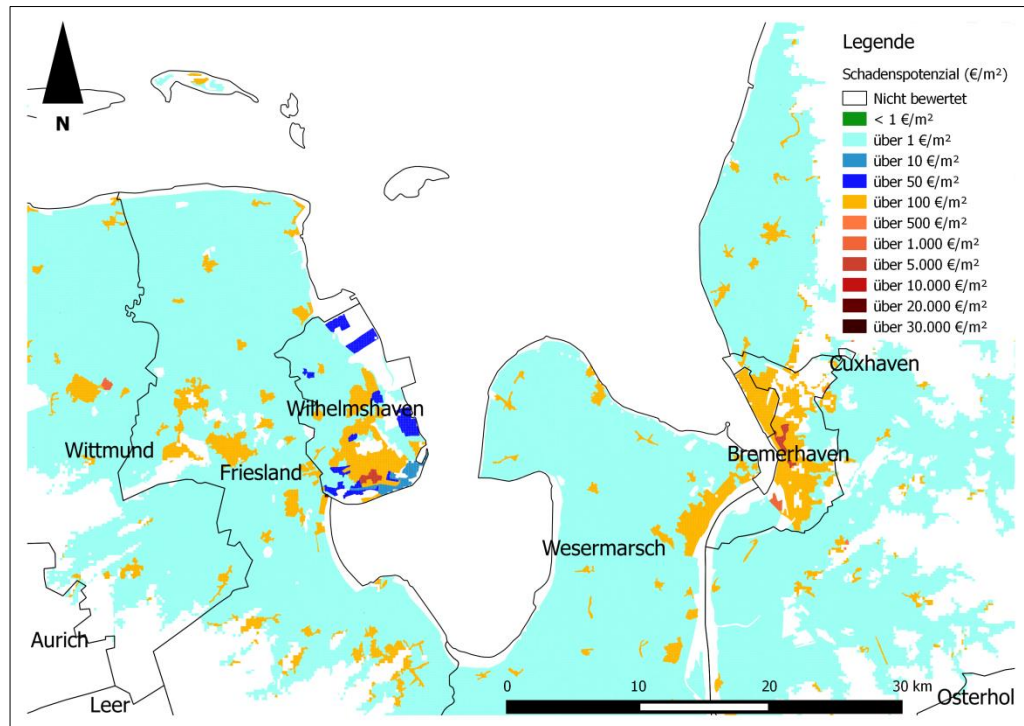
Die Inwertsetzung von Verkehrsflächen wie Straßen und Gleisen gestaltete sich recht einfach, da keine Gesamtwerte für die einzelnen Kreise gebildet werden mussten. Mit Meyer (2005) wurden Neubaupreise pro Kilometer Strecke ausgesucht, auf die dann noch ein Zeitwert von 50 % angewandt wurde. Um der Begriffsungenauigkeit bei den OSM-Daten entgegenzuwirken, wurde für die Preise von Bundesautobahnen und Bundesstraßen ein Mittelwert von 3.88 Mio. €/km Neubau gebildet. Landesstraßen wurden meist nur mit 20 % der Baukosten von Bundesautobahnen berechnet, Als Durchschnittswert wurde hier 1.32 Mio. €/km angenommen, während Kreisstraßen und sonstige versiegelte Straßen mit jeweils 1.0 Mio €/km Neubau bewertet wurden. Bahnlinien sind im Bau so teuer wie letztere. Bei diesen Zahlen ist zu beachten, dass anders als in manchen Studien aufgrund fehlender Informationen Teile der Verkehrsinfrastruktur wie Stromtrassen, Umspannwerke, etc. nicht berücksichtigt werden konnten. (Kiese & Leineweber 2001, Meyer 2005, Reese et al. 2001)

---

<sup>13</sup> Durchschnittlicher Handelspreis eines Rinds, landwirtschaftskammer.de

<sup>14</sup> Durchschnittlicher Handelspreis eines Schafes, landwirtschaftskammer.de

<sup>15</sup> Durchschnittlicher Handelspreis von Schweinen, lwk-niedersachsen.de



**Abbildung 3: Ausschnittsweise Darstellung des Schadenspotenzials pro m<sup>2</sup>.** Flächen in weiß wurden entweder nicht in Wert gesetzt oder befinden sich nicht im Untersuchungsgebiet.

### 3.1.8 Bodenwerte

Bodenwerte wurden nur für landwirtschaftlich genutzte Flächen aufgenommen, da in städtischen Räumen zu viel Variabilität vorliegt, welcher mit den so aufgelösten Landnutzungsdaten nicht Rechnung getragen werden konnte. Kreisweise liegen diese nur für Schleswig-Holstein vor (Statistikamt Nord 2013), für Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern mussten die Landeswerte auf die Kreise heruntergebrochen werden (StaBA 2013). Sie bewegen sich zwischen 12.675 €/ha (Mecklenburg-Vorpommern) und 23.063 €/ha (Schleswig-Holstein).

### 3.1.9 Nicht-berücksichtigte Schadenskategorien

Verschiedene Ansätze verwenden unterschiedliche Schadenskategorien. Die hier verwendeten decken sich in weiten Teilen mit denen aus Meyer (2005) und Phomavapy (2014), nicht berücksichtigt wurden im Vergleich zu diesen nur die Wertschöpfung/BIP (da dies indirekte, tangible Schäden sind), und öffentliche Frei- und Grünflächen, da diese im Landnutzungsmodell nicht ausreichend genau abgebildet wurde. Anders als bei STALU MM (2012) wurden Boote nicht aufgenommen, anders als bei Reese (2003) keine Windkraftanlagen, Bodenwerte von Forstwirtschaftsflächen und Siedlungen. Kiese & Leineweber (2001) betrachteten auch Energieinfrastruktur und Be- und Entwässerungssysteme, dafür eine Vielzahl anderer Kategorien nicht (u.a. Vorratsvermögen und Viehvermögen)

## 3.2 Anwendung der Schadensfunktionen

Die Anwendung der Schadensfunktionen muss aufgrund der potentiell fehlerbehafteten Höhenangaben mit Vorsicht genossen werden, da Unterschiede von wenigen Dezimetern große Veränderungen des Schadens an einem Objekt bzw. einer Landnutzungs-kategorie hervorrufen können.

Die Schadensfunktionen wurden aus den Arbeiten von Phommavapy (2014) und Meyer (2005) übernommen.

Am Beispiel der Landnutzungs-kategorie 111 („überwiegend städtische Prägung“) soll im Folgenden kurz gezeigt werden, wie die einzelnen Werte einer Landnutzungs-kategorie mit Schadensfunktionen belegt wurden:

SCHADENSPOTENZIAL \* ([NAV Dienstleistungen **(1)**] + [VV Dienstleistungen **(2)**] + [Wohnkapital **(3)**] + [Hausrat **(4)**]+[PKW-Vermögen **(5)**] + [NAV Handel+Verkehr **(6)**] + [VV Handel+Verkehr **(7)**])

**(1):**  $0.1599 * X - 0.0337 * X^2 + 0.0034 * X^3$

**(2)/(7):**  $0.1165 + 0.1274 * X$

**(3):**  $0.2114 * X - 0.0653 * X^2 + 0.0073 * X^3$

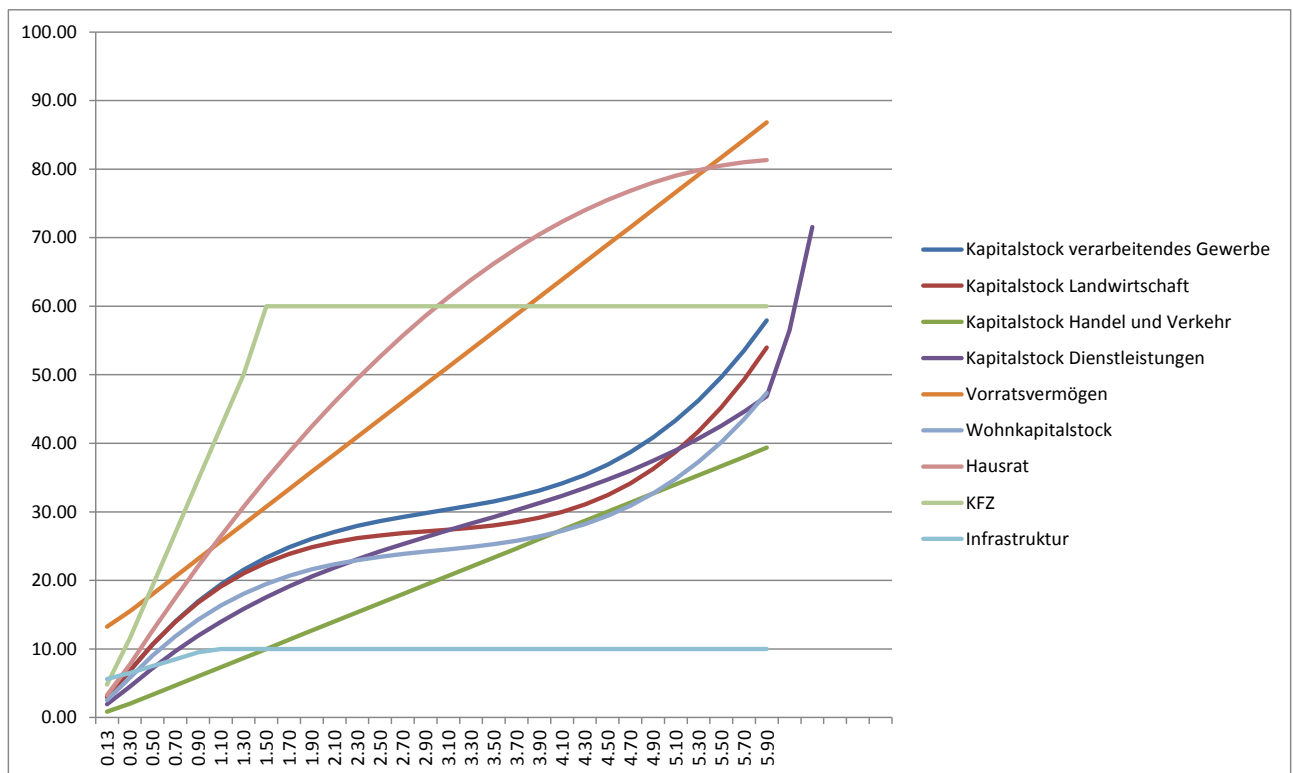
**(4):**  $0.2641 * X - 0.0214 * X^2$

**(5):** für Wasserstandshöhen < 1.5 m  $0.3848 * X$ ; für Höhen > 1.5 m  $0.6$

**(6):**  $0.0667 * X$

mit X = Überflutungshöhe in Meter

Auf die Anwendung von Schadensfunktionen auf landwirtschaftliche Bodenpreise wurde verzichtet, da die Wertkonzentration, verglichen mit den anderen Landnutzungs-kategorien, ohnehin sehr niedrig ist und eine Schädigung je nach Überflutungs-ereignis und -intensität mit großen Unsicherheiten belegt ist. Versalzungsschäden sind bodentyp- und ackernutzungsabhängig, außerdem spielt hier die Zeit der Überschwemmung eine Rolle. Allein von der Überflutungshöhe auf Schäden zu spekulieren, wird auf dieser räumlichen Skala als nicht sinnvoll erachtet. In der kartographischen Darstellung der tatsächlichen Schäden werden diese landwirtschaftlichen Flächen somit zumeist als „nicht bewertet“ kategorisiert. Eine Ausnahme stellen „Grünflächen und Weiden“ dar, hier wird die Schädigung des Viehvermögens betrachtet (vgl. Phommavapy 2014; Meyer 2005; Reese & Markau 2004). So bewertete Flächen fallen jedoch zumeist in die Kategorie der Werte „unter 1 €/qm“.



**Abbildung 4:** Verwendete Schadensfunktionen (aus Phommavapy 2014)

### 3.3 Darstellung im GIS

Die einzelnen Werte pro Quadratmeter eines jeden Szenarios wurden in Excel per multipel miteinander verschachtelter Wenn-Funktionen in ganzzahlige Kategorien eingeteilt. Die Skala wurde aufgrund der großen Streubreite der Werte (zwischen wenigen €-Cents bis mehrere tausend Euro pro m<sup>2</sup>) logarithmisch gewählt.

Durch die Verschneidung der einzelnen Geodaten zu Beginn des Analyseprozesses besitzt jedes Polygon eine eindeutige ID-Nummer, welche nun dazu genutzt werden kann, die Excel-Datei wieder mit den Geodaten im GIS zu verknüpfen. Aufgrund der Einteilung in Kategorien können die nun mit Werten versehenen Polygone auf einfache Weise Farbskalen zugeordnet werden.

Um eine anschauliche Karte des Verhältnisses von Schadenspotenzial zu den sich in den Kreisen befindlichen Gesamtwerten produzieren zu können, wurden für jedes der drei Szenarien farblich kodierte Karten erstellt.

Die Ergebnisse sowie die kartographische Darstellung werden in den Ergebnisberichten für Nord- und Ostsee getrennt betrachtet.

## 4 Fehlerbetrachtung und Diskussion der Methodik

Die vorliegende Inwertsetzung von überschwemmungsgefährdeten Flächen an der Nord- und Ostseeküste stand von Vorherein unter dem Einfluss verschiedener Einschränkungen. So sollten beispielsweise nur frei verfügbare Daten benutzt werden sowie sehr limitierte Computerkapazitäten. Wie die hiermit berechneten Ergebnisse dennoch zu beurteilen sind, und welchen Nutzen und vielleicht sogar Vorteile sie mit sich bringen, soll im Folgenden diskutiert werden. Ebenso sollen mögliche Fehlerquellen noch einmal genauer beleuchtet werden. Aufgrund der Beschaffenheit der frei verfügbaren Geodaten muss mit einer Vielzahl potenzieller Fehler und Ungenauigkeiten gerechnet werden, welche besonders bei der Nutzung und Interpretation der aus dieser Methodik resultierenden Ergebnisse berücksichtigt werden müssen.

Die potentiellen Überflutungsflächen werden nach der herkömmlichen Methode überschätzt. Van de Sande et al. (2012) zeigen, dass meist nur unmittelbar zusammenhängende Gebiete an einer Küste überschwemmt werden. Liegt eine räumliche Trennung zweier tief gelegener Gebiete durch höher liegendes Gelände vor, wird das dahinter liegende unter Umständen nicht betroffen („bathtub principle“). Die Ausbreitung der Flutwelle hängt des Weiteren auch vom Einfluss der Gezeiten und der Geländerauigkeit bzw. der Reliefentwicklung im Landesinneren, oder, im Falle von Ästuaren und Flussläufen auch von den jeweiligen Flusswasserständen und Strömungsgeschwindigkeiten ab. Für eine Fallstudie in Lagos, Nigeria wurde die Ausdehnung von Überschwemmungsflächen durch Höhenmodelle verschiedener räumlicher Auflösungen verglichen. Die DHM mit 30 und 90 m Auflösung zeigten nur 10 % der Überschwemmungsgebiete an, die von einem 5 m-LiDAR-Höhenmodell detektiert wurden (Van de Sande et al. 2012). Trotz deren Ungenauigkeiten können niedrigauflösende Höhenmodelle benutzt werden, um in großen Untersuchungsgebieten risikobehaftete Gebiete abzugrenzen, wenn von der Genauigkeit nicht zu viel abhängt. In der vorliegenden Analyse muss daher vor allem die Anwendung der Schadensfunktionen mit Vorsicht interpretiert werden. Wenn davon ausgegangen wird, dass der Fehler überall ungefähr gleich ist, müssen zwar die absoluten Werte kritisch betrachtet werden, das relative Verhältnis der Werte zueinander ist jedoch aufschlussreicher.

Die tatsächliche Beeinträchtigung der Hinterlandnutzung und zu erwartende Schäden hängen, anders als im vorliegenden Falle angenommen, nicht ausschließlich von der Überflutungshöhe ab, sondern ebenso von der Überflutungsdauer, der Art des mitgeführten Sediments, der Anfälligkeit der Fläche/des Objekts für Versalzungsschäden und der maximalen Überschwemmungsgeschwindigkeit.

Die Bodenpreise in Städten wurden nicht berücksichtigt, da die Unterscheidbarkeit zwischen den verschiedenen Nutzungskategorien nicht gewährleistet werden konnte und sich diese räumlich stark unterscheiden können.

Aufgrund der Auflösung des CLC2006-Datensatzes, ist davon auszugehen, dass Werte für die beiden städtischen Kategorien 111 und 112 in ländlichen Regionen (wo kleinere Siedlungsflächen vorherrschen, die nicht in CLC2006 dargestellt werden können), stark unterschätzt werden, und gleichzeitig die Werte für 111 und 112 in städtischen Gebieten überschätzt werden.

Die Verknüpfung aktueller Vermögenswerte mit Landnutzungsdaten von 2006 stellt eine weitere Fehlerquelle dar; die Daten mit dem Bezugsjahr 2012 lagen zum Zeitpunkt der Bearbeitung für Deutschland jedoch noch nicht vor.

Ländliche Gebiete erscheinen in der Darstellung auf dieser hohen räumlichen Skala weniger stark besiedelt, als in vergleichbaren Gebieten der Mesoskala (vgl. Mai et al. 2004), wo Wertzuweisungen deutlich genauer vorgenommen werden können. Höher aufgelöste Landnutzungskarten wie das DLM-DE oder ATKIS-DLM besitzen MMUs von 1ha oder 5 ha, daher können Siedlungsgebiete teilweise sogar objektscharf abgegrenzt werden.

Ein direkter Vergleich ausgewählter Subsets des Untersuchungsgebietes mit genaueren DLM könnte hier Aufschluss zu Fehlerquoten geben. Vor allem in kleinräumigen Siedlungen des ländlichen Raumes, die in CORINE nicht berücksichtigt werden können, wird es zu einer starken Erhöhung des Schadenspotenzials verglichen mit der vorher dort verorteten landwirtschaftlichen Nutzung kommen.

Abschließend standen in vorliegender Analyse nur direkte, tangible Schäden im Fokus. Intangible und indirekte Schäden werden die ermittelten Schäden noch um ein Vielfaches übertreffen, sind aber dementsprechend schwerer zu erfassen.

## 5 Fazit

Die vorliegende Arbeit beschreibt eine Methodik zur Anpassung von mesoskaligen Methoden der Schadenspotenzialanalyse und Schadensermittlung auf größere regionale Bereiche unter ausschließlicher Verwendung frei verfügbarer Daten und Software.

Lässt man die angeführten Defizite der Datengrundlage einmal außer Acht, so kann trotzdem davon ausgegangen, dass das Schadenspotenzial auf Landkreisebene recht akkurat angegeben werden kann. Für einzelne Fallstudien ist jedoch vor allem das Landnutzungsmodell zu ungenau. Unter bestimmten Fragestellungen (wie der Auswahl von Ausgleichsflächen bei Überflutungen) kann hiermit auf kostengünstige Weise eine Vorauswahl getroffen werden, die dann unter Verwendung besser aufgelöster Daten verifiziert und angepasst werden kann.

Die hier erhobenen Daten lassen es zu, die Kosten für verschiedene Handlungsoptionen zur Adaptation an Klimaveränderungen für den deutschen Küstenraum abzuschätzen. Ob dies die weitere Erhöhung der Deiche ist, der Investitionsstopp in die am stärksten gefährdeten Gebiete oder gar der komplette Rückzug aus Gebieten; solcherlei Szenarien können mithilfe der Ergebnisse diskutiert werden.

Auf einen Vergleich mit anderen, kleinräumigeren Studien wurde an dieser Stelle verzichtet, diese werden in den Ergebnisberichten zu Nord- und Ostsee getrennt betrachtet (Kanig & Schröder 2014 a/b).

## 6 Literaturverzeichnis

BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2013): Dokumentation Digitales Geländemodell Gitterweite 200 m. DGM200. <http://www.geodatenzentrum.de/docpdf/dgm200.pdf> (letzter Zugriff: 04.09.2014)

BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2014): Dokumentation Verwaltungsgebiete 1:250000 VG250 und VG250-EW. [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_download/vg/vg250\\_0101/vg250\\_0101.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_download/vg/vg250_0101/vg250_0101.pdf) (letzter Zugriff: 04.09.2014)

BWK – Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V. (2001): Bericht der BWK-Arbeitsgruppe 1.2 „Hochwasserschadenspotenziale“. 46 Seiten.

BWS GmbH (2012): Zwischenbericht „Grundlagen für die Ableitung von Anpassungsstrategien in Niederungsgebieten an den Klimawandel“. Für: Arbeitsgruppe Niederungen 2050, unterstützt durch den Marschenverband Schleswig-Holstein e.V.  
[http://www.dhsv-dithmarschen.de/fileadmin/agniederungen/zwischenbericht\\_2012.pdf](http://www.dhsv-dithmarschen.de/fileadmin/agniederungen/zwischenbericht_2012.pdf) (letzter Zugriff: 02.09.2014)

DAT – Deutsche Automobil Treuhand (2014): DAT-Report 2014. [http://www.autohaus.de/fm/3478/DAT-Report%202014\\_AUTOHAUS.4204634.pdf](http://www.autohaus.de/fm/3478/DAT-Report%202014_AUTOHAUS.4204634.pdf) (letzter Zugriff: 11.09.2014)

Ebenhöh, W., Sterr, H. & Simmering, F. (1997): Potentielle Gefährdung und Vulnerabilität der deutschen Nord- und Ostseeküste bei fortschreitendem Klimawandel. Case Study in Anlehnung an die Common Methodology der IPCC Coastal Zone Management Subgroup. Oldenburg.

Grinsted, A., Moore, J.C., Jevrejeva, S. (2009): Reconstructing sea level from paleo and projected temperatures 200 to 2100 AD. In: CLIMATE DYNAMICS/ Seiten 1-12.

Hamann, M. & Reese, S. (2000): Wertermittlung und Schadensanalyse als Instrumente für die Küstenschutzplanung in Schleswig-Holstein. In: Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung/ Heft 36/ Seiten 139-147.

Kanig, M & Schröder, A. (2014a): Schadenspotenzialanalyse für die deutsche Ostseeküste. Anwendung mesoskaliger Methoden auf höherer räumlicher Skala anhand frei verfügbarer Geodaten. RADOST-Berichtsreihe. Bericht Nr. XXX. In Druck.

Kanig, M. & Schröder, A. (2014b): Schadenspotenzialanalyse für die deutsche Nordseeküste. Anwendung mesoskaliger Methoden auf höherer räumlicher Skala anhand frei verfügbarer Geodaten. Projektberichtsreihe EconCCadap. Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW). In Druck.

Kiese, M. & Leineweber, B. (2001): Risiko einer Küstenregion bei Klimaänderung. Ökonomische Bewertung und räumliche Modellierung des Schadenspotentials in der Unterweserregion. In: Hannoversche Geographische Arbeitsmaterialien der Abteilung Wirtschaftsgeographie. Band 25, 97 Seiten. Universität Hannover.

Mai, S., Elsner, A., Meyer, V. & Zimmermann, C. (2004): Endbericht „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste (KRIM): Teilprojekt 2 – Klimaänderung und Küstenschutz. Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, Universität Hannover. 194 Seiten.

Markau, H.J. & Reese, S. (2003): Naturgefahren und Risikobetrachtung im schleswig-holsteinischen Küstenraum. In: DIE KÜSTE, Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (Hrsg.)/ Heft 67/ S. 3-22.

Meier, D. (2007): Schleswig-Holsteins Küsten im Wandel. Von der Eiszeit zur globalen Klimaerwärmung. Heide: Boyens Buchverlag.

Meyer, V. (2005): Methoden der Sturmflut-Schadenspotenzialanalyse an der deutschen Nordseeküste. Dissertation. UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH in der Helmholtz-Gemeinschaft. 213 Seiten.

Meyer, V. & Messner, F. (2005): National flood damage evaluation methods: A review of applied methods in England, the Netherlands, the Czech Republic and Germany. UFZ-Diskussionspapiere 21/2005. <http://hdl.handle.net/10419/45193> (letzter Zugriff: 26.08.2014)

NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2007): Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen -Festland-. In: Küstenschutz / Band 1 Land Niedersachsen und Bremen / 45 Seiten.



Phommavapy, A. (2014): Potentielle Hochwasserschäden an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste infolge des Klimawandels – Analyse des Schadenspotentials. Freie wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des Grades eines Master of Arts Wirtschaftsgeographie am Institut für Wirtschafts- und Kulturgeographie der Leibniz Universität Hannover. 79 Seiten.

Rahmstorf, S. (2007): A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-Level Rise. In: SCIENCE / 315 (5810) / S. 368-370.

Reese, S. (2003): Die Vulnerabilität des schleswig-holsteinischen Küstenraumes durch Sturmfluten – Fallstudien von der Nord- und Ostseeküste. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Kiel: Christian-Albrechts-Universität.

Reese, S., Markau, H.J. & Sterr, H. (2002): Abschlussbericht MERK (Mikroskalige Evaluation der Risiken in überflutungsgefährdeten Küstenniederungen). Forschungsprojekt im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und des Ministeriums für ländliche Räume, Landesplanung, Landwirtschaft und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein. Forschungs- und Technologiezentrum Westküste. 228 Seiten.

Reese, S., & Markau, H. (2004): Mikroskalige Wertermittlung in sturmflutgefährdeten Küstenniederungen. In: JAHRBUCH DER HAFENBAUTECH. GESELLSCHAFT (Hrsg.)

StaBA – Statistisches Bundesamt (2013): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Kaufwerte für landwirtschaftliche Grundstücke. Fachserie 3/ Reihe 2.4./ 20 Seiten.

StaBA – Statistisches Bundesamt (2014): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Inlandsproduktberechnung - Detaillierte Jahresergebnisse - Fachserie 18 Reihe 1.4 - Stand: 26. Mai 2014. 282 Seiten.

STALU MM (2012): Entwicklung einer Methodik zur mesoskaligen Schadenspotentialanalyse für Mecklenburg Vorpommern. Bearbeitung: HKV Hydrokontor Aachen. Rostock: Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg (Auftraggeber).

Statistikamt Nord – Statistisches Amt für Schleswig-Holstein und Hamburg (2014): Kaufwerte landwirtschaftlicher Grundstücke in Schleswig-Holstein 2013. In: STATISTISCHE BERICHTE/ Kennziffer M I 7 – j/13 SH/ 10 Seiten.

USGS – United States Geological Survey (2013): SRTM topography (Update includes NASA version 3.0 SRTM-Plus). [https://lpdaac.usgs.gov/sites/default/files/public/measures/docs/NASA\\_SRTM\\_V3.pdf](https://lpdaac.usgs.gov/sites/default/files/public/measures/docs/NASA_SRTM_V3.pdf) (letzter Zugriff: 04.09.2014)

Van de Sande, B., Lansen, J. & Hoyng, C. (2012): Sensitivity of Coastal Flood Risk Assessments to Digital Elevation Models. In: WATER 2012 / Ausgabe 4 / S. 568-579.

**GESCHÄFTSSTELLE BERLIN**

MAIN OFFICE

Potsdamer Straße 105

10785 Berlin

Telefon: + 49 – 30 – 884 594-0

Fax: + 49 – 30 – 882 54 39

**BÜRO HEIDELBERG**

HEIDELBERG OFFICE

Bergstraße 7

69120 Heidelberg

Telefon: + 49 – 6221 – 649 16-0

Fax: + 49 – 6221 – 270 60

[mailbox@ioew.de](mailto:mailbox@ioew.de)

[www.ioew.de](http://www.ioew.de)