



Hamburgisches
WeltWirtschafts
Institut

Sektorale und regionale Betroffenheit durch den Klimawandel am Beispiel der Metropolregion Hamburg

Xenia Frei, Julia Kowalewski

HWWI Research

Paper 139

Korrespondenzadresse

Julia Kowalewski

Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)

Heimhuder Str. 71 | 20148 Hamburg

Tel.: +49 (0)40 34 05 76 - 673 | Fax: +49 (0)40 34 05 76 - 776

kowalewski@hwwi.org

HWWI Research Paper

Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)

Heimhuder Str. 71 | 20148 Hamburg

Tel.: +49 (0)40 34 05 76 - 0 | Fax: +49 (0)40 34 05 76 - 776

info@hwwi.org | www.hwwi.org

ISSN 1861-504X

Redaktion:

Prof. Dr. Thomas Straubhaar (Vorsitz)

Prof. Dr. Michael Bräuninger

Dr. Christina Boll

© Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI) | Juni 2013

Alle Rechte vorbehalten. Jede Verwertung des Werkes oder seiner Teile ist ohne Zustimmung des HWWI nicht gestattet. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Mikroverfilmung, Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Sektorale und regionale Betroffenheit durch den Klimawandel am Beispiel der Metropolregion Hamburg

Xenia Frei und Julia Kowalewski

Zusammenfassung

Für politische Entscheidungsträger beginnt die Herausforderung der Anpassung an den Klimawandel damit, Regionen und Sektoren zu identifizieren, die Unterstützung bei der Planung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen benötigen. Es besteht daher ein Bedarf an Maßen, die den Fokus auf besonders verletzbare Bereiche lenken. Der hier entwickelte Betroffenheitsindex ist ein effektives Werkzeug, um die relative Betroffenheit von Regionen und Sektoren gegenüber den Folgen des Klimawandels abzubilden. Die Betroffenheit setzt sich dabei aus zwei Dimensionen zusammen. Die erste Dimension ist die relative Sensitivität von Wirtschaftszweigen. Diese wird anhand der sektoralen Wasser- und Energieintensität, der Diversität von Inputfaktoren sowie der Verkehrsinfrastrukturabhängigkeit abgeschätzt. Die regionale Perspektive findet an dieser Stelle durch regionalisierte Input-Output-Tabellen Einzug in den Index. Die Tabellen geben Auskunft über die Lieferbeziehungen zwischen Sektoren in einer Region sowie über die Regionsgrenzen hinaus. In einer zweiten Dimension wird die regionale Exposition gegenüber klimatischen Veränderungen integriert. Die Anwendung des Betroffenheitsindex wird am Beispiel der Freien und Hansestadt Hamburg sowie vier Kreisen und Landkreisen der Metropolregion illustriert. Seine Ausgestaltung erlaubt eine unkomplizierte Erweiterung um neue Indikatoren und Klimainformationen.

Danksagung

Diese Arbeit ist im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projektes KLIMZUG-Nord entstanden. Wir möchten Sven Schulze für seine hilfreichen Ideen und Kommentare danken.

Kontaktperson:

Julia Kowalewski

Heimhuder Str. 71

20148 Hamburg

E-Mail: kowalewski@hwwi.org

1. Einleitung

Die Bemühungen zur Vermeidung des Klimawandels konnten nicht verhindern, dass auch in Deutschland mit Klimaänderungen gerechnet werden muss. Dies bewirkte ein Umdenken der Klimapolitik, so dass neben der Vermeidung von Treibhausgasemissionen auch die Anpassung an den unausweichlich existierenden Klimawandel in den Fokus rückte.

Ein elementarer Teil der entstandenen Anpassungsforschung beschäftigt sich mit besonders gefährdeten Sektoren. Die Verletzlichkeit eines Sektors durch den Klimawandel wird als Vulnerabilität bezeichnet. Sie setzt sich aus der Sensitivität des Sektors sowie aus seinem Expositionsgrad zusammen. Die Sensitivität eines Sektors ist dabei seiner inhärenten Struktur geschuldet, während sich die Exposition auf exogene Faktoren wie Klimaänderungen bezieht. Der Begriff der Vulnerabilität umfasst außerdem die Anpassungsfähigkeit des entsprechenden Sektors an die bevorstehenden Veränderungen (IPCC 2001, Ionescu et al. 2005, Hinkel 2011, Riegel et al. 2011).

Derzeit existiert eine Vielzahl an Studien, welche die vulnerablen Sektoren einer Region identifizieren und Handlungsempfehlungen ableiten. Diese Studien beruhen zumeist auf zeit- und ressourcenintensiven qualitativen Ansätzen. Es gibt jedoch kaum regionsübergreifende Ansätze, die es Entscheidungsträgern ermöglichen, Sektoren und Regionen miteinander zu vergleichen und die gleichzeitig schnell und einfach an neue Erkenntnisse der Klimafolgenforschung angepasst werden können.

Der im Folgenden vorgestellte Betroffenheitsindex stellt ein solches Vergleichsinstrument dar. Er berücksichtigt hierfür sowohl die Sensitivitäten von Wirtschaftssektoren als auch die von Regionen aufgrund ihrer Sektorstruktur und ihre Exposition gegenüber Klimaänderungen. Die Anwendung des Index wird am Beispiel von vier Kreisen der Metropolregion Hamburg sowie der Hansestadt Hamburg demonstriert.

In Kapitel zwei wird zunächst ein Überblick über bisherige qualitative und quantitative Arbeiten gegeben. Anschließend wird das methodische Vorgehen bei der Entwicklung der Sensitivitäts- und Betroffenheitsindikatoren erläutert. Kapitel vier zeigt die Ergebnisse aus den Berechnungen der sektoralen Sensitivitätsindikatoren, die im folgenden Kapitel zu Betroffenheitsindikatoren der einzelnen Regionen unter Berücksichtigung von Temperaturprognosen zusammengeführt werden. Das letzte Kapitel schließt mit Hinweisen zu Anwendungsmöglichkeiten und Erweiterungsmöglichkeiten des Index.

2. Überblick über bisherige Arbeiten

2.1 Qualitative Sektoranalysen

Die Anpassungsforschung der letzten Jahre thematisierte die Betroffenheit von Regionen sowohl aus rein sektoraler als auch aus sozioökonomischer Perspektive. Während in der

sozioökonomischen Forschung einige Indikatorenansätze zur Anwendung kamen (beispielsweise in Neil et al. 2004 und Cutter et al. 2003), beschränkten sich die sektoralen Analysen überwiegend auf qualitative Methoden. Qualitative Ansätze konzentrieren sich überwiegend auf eine Region. Wobei zunächst die relevanten Wirtschaftssektoren der Region identifiziert und anschließend auf ihr Gefährdungspotential hin analysiert werden. Beispiele hierfür sind die Arbeiten im Projekt Dynaklim (Lühr et al. 2011), die Arbeiten von Zebisch et al. (2005) und Schuchardt/Wittig (2012) oder Heymann (2007). Außerdem zeigten Mahammadzadeh et al. (2013) durch eine deutschlandweite und sehr umfangreiche Befragung von Unternehmen, welche Veränderungen diese durch den Klimawandel erwarten und welche Anpassungskapazitäten bestehen. Aus diesem Bottom-up-Ansatz werden dann sektorale und regionale Vulnerabilitäten abgeleitet.

Ein Vorteil dieser qualitativen Ansätze liegt in ihrer Detailtreue. Andererseits ist ein Vergleich der Ergebnisse bisheriger Arbeiten aufgrund konzeptioneller Unterschiede und des Umfangs dieser Arbeiten schwierig. Ein bundesweiter Vergleich regionaler Betroffenheit ist auf diesem Weg folglich nicht möglich. Bestehende Betroffenheits- und Vulnerabilitätsanalysen dienen überwiegend der Identifikation von Risiken und auch Chancen, die sich aus dem Klimawandel ergeben können. Eine Skalierung der entsprechenden Betroffenheiten als Einordnungs- und Entscheidungshilfe für Entscheidungsträger insbesondere der öffentlichen Hand ist dagegen schwierig.

Die Ergebnisse der bestehenden Arbeiten werden im Folgenden bei der Auswahl der Indikatoren sowie zur Überprüfung des hier entwickelten Index soweit möglich herangezogen. Die Bereiche Wasser, Energie und Verkehrsinfrastruktur finden in der vorliegenden Arbeit besondere Berücksichtigung, da sie unabhängig von der methodischen Herangehensweise in der bestehenden Literatur als klimasensitiv eingestuft werden.

2.2 Indikatorenansätze

Die Arbeiten von Auerswald und Vogt (2010) im Rahmen des REGKLAM-Projektes sowie von Mirjam Merz (2011) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) stellen bisher die zentralen Indikatorenansätze zur Beurteilung sektoraler Vulnerabilität dar.

Basierend auf der Annahme, dass sowohl der Strompreis als auch der Preis für Wasser aufgrund des Klimawandels ansteigen werden, entwickeln Auerswald und Vogt (2010) eine auf diesen Indikatoren basierende Vulnerabilitätsanalyse für die Region Dresden. Ihre Analysen stützen sie auf die Daten der bundesdeutschen Input-Output-Tabelle (IOT). Die aus dem Verhältnis von Vorleistungen und Produktionswerten gewonnenen Wasser- und Energieintensitäten der einzelnen Wirtschaftssektoren werden ihrer gesamtwirtschaftlichen Bedeutung für die betrachtete Region gegenübergestellt, die zuvor im Rahmen einer Branchenanalyse ermittelt wurde. Als besonders energieintensiv weist dieses Verfahren die Energie- und Wasserversorgung aus, während Land- und Gastwirtschaft als besonders wasserintensiv ermittelt werden.

Im Unterschied dazu verfolgt Merz ein umfangreicheres Indikatorenset zur Gefahrenbewertung in der industriellen Produktion. Dem liegt unter anderem die Annahme zu Grunde, dass die Sensitivität von Wirtschaftssektoren aus der Komplexität von Produktionsprozessen und deren Verkehrsinfrastrukturabhängigkeit resultiert. Beispielsweise werden hier das sektorspezifische Anlagevermögen, Personalintensität und Transportaufkommen berücksichtigt. Der Ansatz richtet sich insbesondere an Entscheidungsträger in Unternehmen und ist nicht explizit auf den Klimawandel als Gefahrenquelle ausgerichtet (Merz 2011).

3. Methodisches Vorgehen

3.1 Allgemeine Strategie

Basierend auf den bisherigen Erkenntnissen in der Literatur werden zunächst mögliche Indikatoren für die Vulnerabilität von Sektoren gegenüber klimatischen Änderungen identifiziert. Hierfür werden die einzelnen Wirtschaftssektoren separat betrachtet. Im Anschluss werden die ermittelten Indikatoren gruppiert und in einer sektorübergreifenden Darstellung zusammengefasst. Dabei zeigt sich, dass vor allem Energie- und Wasserintensität, Produktionsstruktur beziehungsweise -ablauf und der Grad interregionaler Vernetzung zentralen Einfluss auf den Sensitivitätsgrad von Wirtschaftssektoren haben.

Um die Betroffenheit einer Region erfassen zu können, muss zusätzlich zu ihrer Wirtschaftsstruktur (Sensitivität), berücksichtigt werden, in welchem Maß sie vom Klimawandel betroffen ist (Exposition). Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Sensitivitätsindikatoren und die entsprechenden Expositionsgewichte. Dargestellt werden auch Gewichte, die aus Gründen der Datenverfügbarkeit noch nicht vollständig bei der folgenden Analyse berücksichtigt werden können, deren Integration aber in Zukunft möglich erscheint. So werden beispielsweise dem Sensitivitätsindikator Energieintensität die Häufigkeit und Intensität von Extremwetterereignissen sowie prognostizierte Anstiege der Durchschnittstemperaturen als Expositionsgewichte zugewiesen. Für den Sensitivitätsindikator Inputdiversität existiert dagegen kein Expositionsgewicht. Das entsprechende Gewicht müsste die Herkunft der für die Produktion notwendigen Zwischenprodukte berücksichtigen, die jedoch kaum zu ermitteln ist. Auf eine Gewichtung wird in diesem Fall daher gänzlich verzichtet. Der folgende Abschnitt beschreibt detailliert, wie sich Klimaänderungen auf die einzelnen Sensitivitätsindikatoren auswirken können.

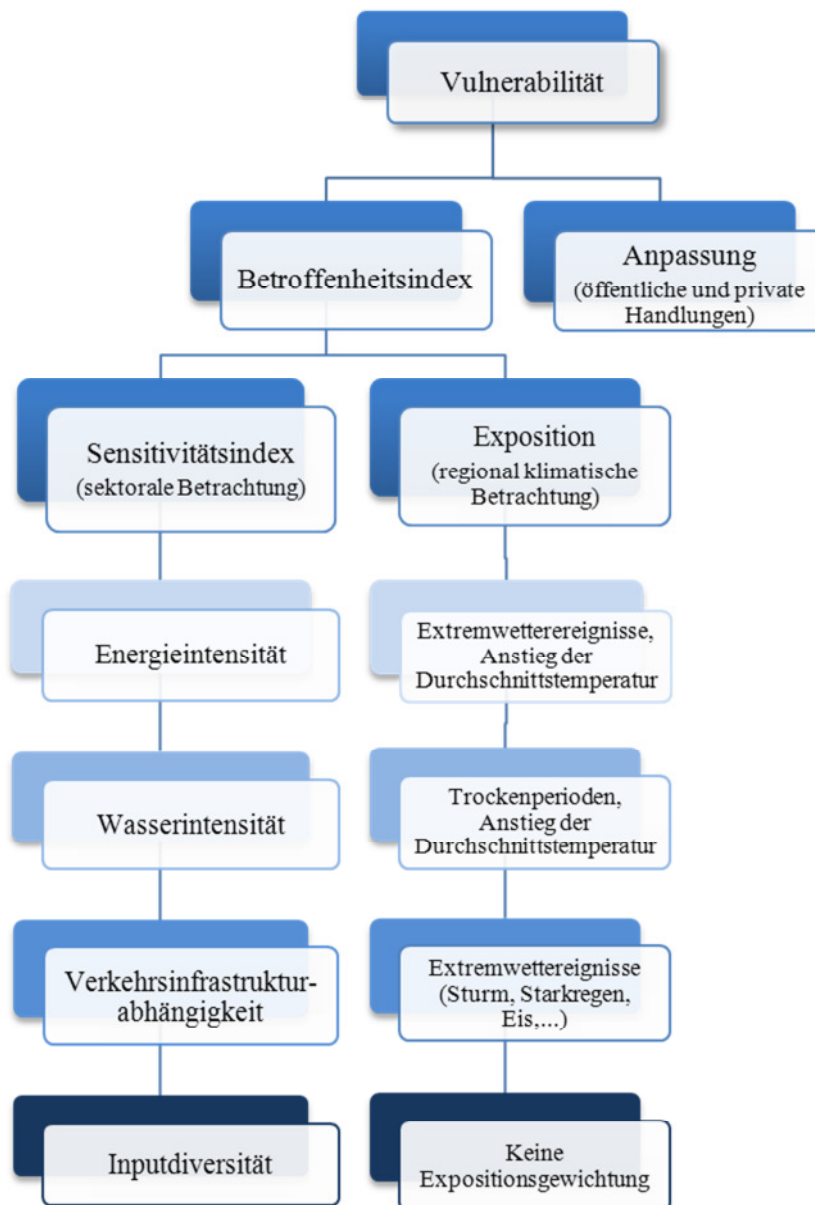


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Betroffenheitsindex.

3.2 Beschreibung der Sensitivitätsindikatoren

Die Wirtschaftssektoren Wasser- und Energieversorgung gelten als besonders klimasensitiv (Zebisch et al. 2005). Außerdem zählen sie neben der Verkehrsinfrastruktur zu der sogenannten kritischen Infrastruktur, bei deren Ausfall erhebliche Versorgungsengpässe und damit verbundene ökonomische und soziale Folgen eintreten können. Wirtschaftssektoren, die in einem starken Abhängigkeitsverhältnis zu diesen Bereichen stehen, sind daher ebenfalls in erhöhtem Maße vom Klimawandel betroffen. Zusätzlich können Wirtschaftssektoren aufgrund der Nutzung weiterer klimasensitiver Inputs wie Grundwasser und aufgrund ihrer Produktionsstruktur gefährdet sein. Bei der Entwicklung der Sensitivitätsindikatoren wird diesen komplexen Beziehungen Rechnung getragen.

Energieintensive Wirtschaftssektoren sind sowohl direkt als auch indirekt vom Klimawandel betroffen. Die direkte Betroffenheit ergibt sich insbesondere aus der Nutzung von

Primärenergie, während die indirekte Betroffenheit vor allem auf politisch-regulatorische Prozesse, wie die Energiewende, zurückzuführen ist (Lühr et al. 2011). Eine erhöhte Häufigkeit und Intensität von Extremwetterereignissen in Versorgerländern von Primärenergieträgern und entlang der Transportwege erhöht das Risiko von Versorgungsengpässen und somit von Produktionsausfällen. In einzelnen Regionen wird beispielsweise eine Beeinträchtigung der Energieinfrastruktur durch zunehmende Stürme erwartet (Schuchardt 2012). Außerdem kann es durch Temperaturanstiege vermehrt zu Schwierigkeiten bei der Prozesswasserkühlung kommen, so dass Kraftwerke ihre Leistungskapazität nicht ausschöpfen können (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2007).

Eine Untersuchung von Gößling-Reisemann (2012) ergab, dass in Deutschland die strukturellen Änderungen durch die Energiewende die Herausforderungen durch den Klimawandel im Energiesektor überlagern. Zwar muss in den nächsten Jahren vermehrt mit Oberleitungsschäden durch Stürme und Eis gerechnet werden. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass der Anpassungsbedarf an direkte Klimafolgen hinter jenen an indirekte Klimafolgen, wie politische Regulierungen, zurückstehen wird. Wirtschaftssektoren mit einem hohen Elektrizitätsbedarf sind in Deutschland demnach weniger von Elektrizitätsausfällen, als vielmehr von steigenden Strompreisen betroffen. Im Folgenden werden beide Aspekte aufgegriffen. Es wird von einer hohen „Energieintensität“ ausgegangen, wenn ein Wirtschaftssektor zum einen auf ein hohes Maß an Primärenergie als Inputfaktor zurückgreift und zum anderen eine starke Verflechtung mit dem Energieversorgungssektor vorliegt.

Wasserintensive Wirtschaftssektoren sind durch den Klimawandel indirekt durch die Gefährdung des Wassersektors selbst betroffen. Die Erwartungen, dass sich Niederschläge von den Sommer- in die Wintermonate verlagern werden und es zu einer Zunahme von Extremwetterereignissen kommt, üben Anpassungsdruck auf den Wassersektor und nachgelagerte Wirtschaftssektoren aus. Zusätzlich führen steigende Temperaturen zu einer Erwärmung von Kühlgewässern und zunehmende Extremwetterereignisse können sich in Form von Verunreinigungen und einer geänderten chemischen Zusammensetzung des Wassers negativ auf dessen Qualität auswirken (Lühr et al. 2011, Scherzer et al. 2010, Zebisch et al. 2005). Entsprechend berücksichtigt der Überindikator „Wasserintensität“ sowohl die Abhängigkeit vom Wasserversorgungssektor als auch die Nutzung von natürlichen Wasserressourcen.

Die „Verkehrsinfrastrukturabhängigkeit“ wird an dem Anteil außerregionaler Inputs – sowohl aus dem In- als auch aus dem Ausland – am Produktionswert gemessen. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Wahrscheinlichkeit einer Störung der Transportwege durch den Klimawandel zunehmen kann. Es sind vor allem Extremereignisse, die zu Behinderungen auf Straßen, Schienen, Wasserwegen und in der Luft führen können (Tröltzsch et al. 2011). Denkbar sind hier Starkregenereignisse, die Straßen unbefahrbar machen, lange Trockenperioden, die zu einer Einschränkung des Schiffsverkehrs auf Flüssen führen, oder starke Winde, die Baumwurf auf Schienen verursachen (Lühr et al. 2011 S.12, Zebisch et al. 2005 S.10). Es wird davon ausgegangen, dass Länge und Dauer des Transportweges positiv mit dem Risiko eines Ausfalls korreliert sind.

Die Produktionsstruktur eines Wirtschaftssektors geht als „Inputdiversität“ in den Sensitivitätsindex ein. Während sich die Verkehrsinfrastrukturabhängigkeit auf Transportwege bezieht, berücksichtigt das Maß Inputdiversität die Sensitivität gegenüber Lieferengpässen. Derartige Lieferengpässe entstehen beispielsweise aufgrund von klimatisch bedingten Produktionsunterbrechungen in Zulieferbetrieben. Basierend auf der Annahme die Sensitivität steige mit der Ungleichverteilung von Inputfaktoren, gilt ein Wirtschaftssektor als widerstandsfähig, wenn alle Inputfaktoren in ähnlichem Maß zur Produktion beitragen. Diesem Vorgehen liegt die Annahme zu Grunde, dass eine diversifizierte Inputstruktur auf eine relativ hohe Substituierbarkeit der Inputfaktoren hindeutet. Weiterhin wird unterstellt, dass die Sensitivität negativ zu der Anzahl verwendeter Inputfaktoren korreliert ist. Sensitive Wirtschaftssektoren weisen demnach eine Abhängigkeit von vielen Zulieferern auf (entsprechend der Annahme in Merz 2011).

Ausschlaggebend für die Aufnahme eines Indikators in den Sensitivitätsindex ist sein Erklärungsgehalt. Die Erklärbarkeit eines Phänomens auf Basis weniger Variablen gilt in der Betroffenheitsanalyse als Grundvoraussetzung für einen verlässlichen Index (Hinkel 2011, S.199, Zebisch et al. 2005). Der Überindikator „Verkehrsinfrastrukturabhängigkeit“ erfüllt diese Grundvoraussetzung in besonderem Maße. Der Überindikator „Inputdiversität“ ist aufgrund mangelnder Datenlage hingegen nicht ohne methodische Defizite, wie unter 4.4 ersichtlich wird.

3.3 Normalisierung der Sensitivitätsindikatoren

Die einzelnen Indikatoren unterscheiden sich in ihrer Skalierung und Maßeinheiten stark voneinander. Vor der Überführung der Indikatoren in den Sensitivitätsindex werden diese daher mittels einer Min-Max-Methode normalisiert und so in eine Skalierung zwischen 0 und 1 überführt. Die Min-Max-Indikatoren sind definiert als

$$I_{qc}^t = \frac{x_{qc}^t - \min_c(x_q^{t0})}{\max_c(x_q^{t0}) - \min_c(x_q^{t0})} \quad (1)$$

mit x_{qc}^t als nicht normalisiertem Indikator, $\min_c(x_q^{t0})$ als Minimum der Reihe und $\max_c(x_q^{t0})$ als Maximum.

Die Min-Max-Methode erweitert die Varianz einer Reihe und stellt feine Unterschiede so besser dar. Auf diese Weise können auch die Unterschiede eher homogener Regionen leichter ermittelt werden als vor der Normalisierung der Daten. Bei der Interpretation der Indikatoren sollte beachtet werden, dass die Methode sensibel gegenüber Ausreißern reagiert (OECD 2008).

3.4 Regionale Betroffenheit

Der aus den Überindikatoren gewonnene Sensitivitätsindex berücksichtigt regionale Besonderheiten zunächst nur bei der Verkehrsinfrastrukturabhängigkeit. Während die anderen

Indikatoren auf nationalen Daten beruhen, spielen bei der Berechnung der Verkehrsinfrastrukturabhängigkeit regionale Wirtschaftsstrukturen bereits eine Rolle.

Unterschiede in der regionalen Betroffenheit können sich zudem durch unterschiedliche klimatische Bedingungen sowohl heute als auch in der Zukunft ergeben. Daher werden die Ergebnisse regionaler Klimaszenarien zusätzlich in den Betroffenheitsindex aufgenommen. Diese Implementierung der zukünftig möglichen Exposition einer Region gibt Auskunft über deren Betroffenheit vom Klimawandel sowohl unter Berücksichtigung der Wirtschaftsstruktur als auch aufgrund der Auswirkungen von Klimaänderungen auf diese Struktur.

Für die Metropolregion Hamburg werden Temperaturänderungen bis zum Jahr 2100 berücksichtigt.¹ Der zu Grunde gelegte Datensatz enthält den Mittelwert aus neun REMO- (Szenarien A1B, A2 und B1 mit je drei Realisierungen) und vier CLM-Simulationen (Szenarien A1B und B1 mit je zwei Realisierungen). Dabei wurde die Zeitscheibe 2071-2100 als Differenz zu 1971-2000 betrachtet (Jacob et al. 2012). Wie in Abschnitt 3.2 deutlich wurde, wirken sich langfristige Temperaturänderungen vor allem auf die Überindikatoren „Energieintensität“ und „Wasserintensität“ aus.

4. Berechnung der Sensitivitätsindikatoren

4.1 Energieintensität

Der Überindikator „Energieintensität“ setzt sich aus Unterindikatoren zur direkten und zur indirekten Betroffenheit zusammen. Die Gefährdung durch Versorgungslücken wird durch den Unterindikator „Primärenergieverbrauch“ repräsentiert. Der Unterindikator „Energieinput“ liefert dagegen eher einen Anhaltspunkt für die Sensitivität eines Wirtschaftssektors gegenüber steigenden Strompreisen.

Der Primärenergieverbrauch wird den Informationen des Statistischen Bundesamtes entnommen². Dieser „umfasst neben dem Endenergieverbrauch auch den Eigenverbrauch und die Verluste im Energieumwandlungssektor. Darüber hinaus ist im Primärenergieverbrauch auch der nichtenergetische Verbrauch, wie zum Beispiel der Mineralölverbrauch zur Kunststoffherstellung, enthalten“ (Umweltbundesamt 2012). Der Energieinput wird der Methodik von Auerswald und Vogt (2010) folgend der nationalen Input-Output-Tabelle für das Jahr 2007 entnommen (Statistisches Bundesamt 2007). Hieraus ist ersichtlich, in welcher Höhe jeder Wirtschaftssektor Vorleistungen aus dem Energieversorgungssektor erhält, also wie stark er mit dem Energieversorgungssektor verflochten ist. Beide Unterindikatoren basieren auf dem Anteil des jeweiligen Inputfaktors am Produktionswert (Tabelle 1).

Im Anschluss gehen die normalisierten Anteile zu gleichen Teilen in den Überindikator „Energieintensität“ ein. Durch die Normalisierung wiegt der Unterindikator „Primärenergie-

¹ Der Datensatz wurde vom Zentrum für Marine und Atmosphärische Wissenschaften, Hamburg, zur Verfügung gestellt.

² Datenquelle: Statistisches Bundesamt 2012a.

verbrauch“ im Durchschnitt etwas stärker als der Unterindikator „Energieinput“. Der Überindikator Energieintensität trägt somit insbesondere der zunehmend schwierigeren Gewinnung von Primärenergieträgern, wie beispielsweise Braunkohle, Rechnung. Diese wird unter anderem mit einer Zunahme von Extremwetterereignissen begründet (Auerswald und Vogt 2010).

Tabelle 1 Datengrundlage für die Überindikatoren „Energieintensität“ und „Wasserintensität“

| Wirtschaftssektoren | Produktionswert | Energieinput | Primärenergieverbrauch | Wasserinput | Wasserentnahme aus der Natur |
|--|------------------|---------------|------------------------|--------------|------------------------------|
| | Mio. Euro | Mio. Euro | Petajoule | Mio. Euro | Mio. m ³ |
| Landwirtschaft, gewerbliche Jagd | 56.385 | 675 | 201 | 329 | 262 |
| Kohlenbergbau, Gewinnung von Erdöl, Erdgas | 8.545 | 484 | 89 | 31 | 1.276 |
| Erzbergbau, Gewinnung von Steinen und Erden | 8.540 | 372 | - | 35 | 416 |
| Ernährungs- u. Tabakgewerbe | 154.413 | 2.527 | 349 | 459 | 289 |
| Textil- u. Bekleidungs-gewerbe | 26.924 | 698 | 80 | 52 | 26 |
| Holzgewerbe (ohne Herst. von Möbeln) | 26.168 | 524 | 91 | 14 | 8 |
| Papiergewerbe, Verlags- u. Druckgewerbe | 90.342 | 2.290 | 396 | 231 | 412 |
| Kokerei, Mineralölverarbeitung | 59.097 | 424 | 391 | 25 | 142 |
| Chemische Industrie | 193.529 | 2.839 | 1.693 | 417 | 2.600 |
| Herst. von Gummi- u. Kunststoffwaren | 64.542 | 1.334 | 197 | 90 | 48 |
| Glasgewerbe, Keramik, Verarbeitung von Steinen u. Erden | 38.468 | 1.554 | 414 | 146 | 126 |
| Metallerzeugung u. -bearbeitung, Metallerzeugnisse | 275.409 | 5.435 | 1.028 | 501 | 477 |
| Maschinenbau | 223.453 | 1.228 | 174 | 215 | 43 |
| Herst. von Büromaschinen, DV-Geräten; Elektrotechnik; Optik | 201.608 | 1.342 | 175 | 168 | 64 |
| Kraftwagen- u. Fahrzeugbau | 357.024 | 2.165 | 284 | 238 | 59 |
| Herst. von Möbeln, Schmuck, Sportgeräten; Recycling | 31.320 | 327 | - | 28 | 3 |
| Energieversorgung | 95.933 | 19.204 | 26 | 29 | 20.579 |
| Wasserversorgung und Abwasser | 10.817 | 587 | 149 | 89 | 10.844 |
| Baugewerbe, Verkehr u. Dienstleistungen | 2.714.542 | 13.919 | 3.528 | 2.882 | 45 |
| Baugewerbe | 212.734 | 217 | 252 | 139 | 24 |
| Handel und Gastgewerbe | 477.833 | 4.748 | 790 | 506 | - |
| Verkehrs-, Informations- u. Kommunikationsdienstleistungen | 294.544 | 1.796 | 1.285 | 173 | 2 |
| Finanzdienstleistungen, Vermietung, Unternehmensdienstleistungen | 1.037.014 | 2.225 | 374 | 455 | - |
| Öffentliche und private Dienstleistungen | 692.417 | 4.933 | 826 | 1.609 | 3 |
| Summe | 4.637.059 | 57.928 | 9.263 | 5.979 | 37.718 |

Quellen: Statistisches Bundesamt 2007; Statistisches Bundesamt 2012a, 2012b; eigene Berechnungen.

4.2 Wasserintensität

Der Überindikator „Wasserintensität“ setzt sich aus den Unterindikatoren „Wasserentnahme“ und „Wasserinput“ zusammen. Der Unterindikator „Wasserentnahme“ gibt Auskunft über den Grad der Wasserentnahme aus der Natur, wie sie vom Statistischen Bundesamt berechnet wird (Tabelle 1).

Der „Wasserinput“ berechnet sich entsprechend der Vorgehensweise beim Unterindikator „Energieinput“ aus der nationalen Input-Output-Tabelle und zeigt auf, welche Wirtschaftssektoren in welchem Maße Vorleistungen aus der Wasserversorgung erhalten. Mit diesem Vorgehen wird der Betroffenheit des Wassersektors selbst und den Auswirkungen auf nachgelagerte Wirtschaftssektoren unter Berücksichtigung des Verflechtungsgrades Rechnung getragen.

Die sogenannte Intensitätsanalyse zur Berechnung des „Wasserinputs“ stellt hiernach die Auswirkungen des Klimawandels in Form von Wasserpreisänderungen dar, während die

„Wasserentnahme“ direkt von Klimaphänomenen, wie Trockenheit oder dem Temperaturanstieg von Kühlgewässern, beeinflusst wird.

Beide Unterindikatoren basieren analog zur „Energieintensität“ auf dem Anteil des jeweiligen Inputfaktors am Produktionswert (Tabelle 1). Die beiden normalisierten Unterindikatoren addieren sich zu dem Überindikator „Wasserintensität“.

4.3 Verkehrsinfrastrukturabhängigkeit

Die Abhängigkeit von Transportwegen kann aus der Vernetzung eines Wirtschaftssektors über die betrachtete Region hinaus abgelesen werden. Je mehr Güter für den Produktionsprozess importiert werden müssen, desto höher ist die Sensitivität in diesem Bereich. Als Berechnungsgrundlage dienen die Importe der regionalisierten Input-Output-Tabelle³. Eine Berücksichtigung der Anfälligkeit verschiedener Transportwege gegenüber Klimaveränderungen ist aufgrund von Datenrestriktionen derzeit nicht möglich. Diese würde je nach dem Herkunftsland der entsprechenden Inputs und somit der Art und Länge der Transportwege variieren. Modelle der Exposition einzelner Regionen liefern zum heutigen Zeitpunkt nur teilweise robuste Ergebnisse. So kann das Risiko von Aquaplaning beispielsweise nicht ausreichend prognostiziert werden (CSC 2012). Daher wird zum gegebenen Zeitpunkt auf eine Gewichtung der Verkehrsinfrastrukturabhängigkeit verzichtet.

4.4 Inputdiversität

Die Inputdiversität eines Wirtschaftssektors wird mit Hilfe des Herfindahl-Index (HI) dargestellt. Der normalisierte HI ist definiert als

$$HI_j = \frac{\sum_{i=1}^N a_{ij}^2}{\left(\sum_{i=1}^N a_{ij}\right)^2} \quad (2)$$

mit a_{ij} als aus der nationalen Input-Output-Tabelle entnommenen Input-Koeffizienten und $j = i = 1, \dots, 58$ Wirtschaftszweigen, wobei j denjenigen Sektor repräsentiert, der Zwischenprodukte von Sektor i bezieht. Dabei gilt $1/N \leq HI \leq 1$. Der Wert $1/N$ gibt Gleichverteilung der Inputs an, das heißt, Sektor j bekommt aus jedem Sektor i die gleiche Menge an Vorleistungsgütern. Dahingegen bedeutet ein Wert von 1, dass Sektor j nur aus einem Sektor Vorleistungsgüter erhält (Moosmüller 2004).

Da der HI keine Auskunft über die Anzahl der Inputfaktoren gibt, wird er um die absolute Höhe der Inputfaktoren erweitert. Dies erfolgt mittels einer Gewichtung, die jedoch nicht mit den Expositionsgewichten zu verwechseln ist. Einem Wirtschaftssektor mit einer Vielzahl quantitativ ausgeglichener Inputs wird zunächst ein sehr geringer normalisierter HI zugewie-

³ Die Regionalisierung der nationalen Input-Output-Tabelle erfolgt nach der FLQ-Methode, die von Flegg/Webber (1997) entwickelt wurde. Dabei wird die relative Größe der Region sowie die Größe der Sektoren berücksichtigt, die Zwischenprodukte liefern bzw. für die weitere Produktion empfangen. Zur Methodik siehe auch Kowalewski (2012).

sen, der ihn als resistent kennzeichnet, während er von qualitativen Verfahren, aufgrund der Vielzahl von Inputfaktoren, als sensitiv eingestuft werden würde (Merz 2011). Durch die Gewichtung des HI mit der Anzahl der Inputfaktoren, steigt die ausgewiesene Sensitivität des Wirtschaftssektors abhängig von der Anzahl seiner Inputfaktoren.

Alternativ zu der gewählten Vorgehensweise wären drei weitere Ansätze zur Messung der Inputsensitivität denkbar:

Ein weiterer möglicher Indikator für die Inputsensitivität eines Wirtschaftssektors wäre das Ausmaß, in dem dieser Zwischenprodukte vorrätig hält, die in den eigenen Produktionsprozess eingehen. Unternehmen, die wenig Lagerhaltung betreiben oder „just-in-time“ produzieren, sind von Ausfällen in der Lieferkette stärker betroffen als Unternehmen mit Lagerbeständen. Bestandsänderungen gehen zwar in die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung des Bundes ein, werden jedoch nicht nach Wirtschaftssektoren unterschieden. Daten über absolute Lagerbestände werden aufgrund statistischer Ungenauigkeiten nicht mehr erhoben. Die Möglichkeit Inputsensitivität über Lagerhaltung abzubilden muss daher verworfen werden.

Alternativ zu Lagerbeständen können auch Art und Herkunftsland der Inputs Auskunft über die Sensitivität eines Wirtschaftssektors im Bereich Inputsensitivität geben. Ein mögliches Vorgehen könnte darin bestehen, die Sensitivität auf Inputs aus besonders stark vom Klimawandel betroffenen Regionen zurückzuführen. Die Außenhandelsstatistik gibt Auskunft über die Herkunft von Importen, nicht jedoch über deren Verwendung im Inland (Statistisches Bundesamt 2012a). Eine sektorale Analyse ist über diesen Weg folglich nicht möglich.

Ebenfalls denkbar wäre die Identifikation besonders klimasensitiver Inputs. Wirtschaftssektoren, die entsprechende Inputs in besonderem Maß verarbeiten, sind demgemäß sensitiver als solche, die klimarobuste Inputs verarbeiten. Welche Inputs besonders klimasensitiv sind, ist zum heutigen Zeitpunkt jedoch noch kaum identifiziert. Ein entsprechender Indikator wäre folglich mit einem nicht vertretbaren Maß an Unsicherheit behaftet und wäre nicht hinreichend aussagekräftig.

5. Zusammenführung der Indikatoren in den Betroffenheitsindex

5.1 Der Sensitivitätsindex

Der Betroffenheitsindex setzt sich zusammen aus den Sensitivitätsindikatoren und den Expositionsgewichten. Zunächst bilden die Mittelwerte der Sensitivitätsindikatoren den Sensitivitätsindex. Abbildung 2 zeigt die Ausprägungen der Sensitivitätsindikatoren in den einzelnen Wirtschaftszweigen und ihre Zusammenführung in den Sensitivitätsindex für die Hansestadt Hamburg.

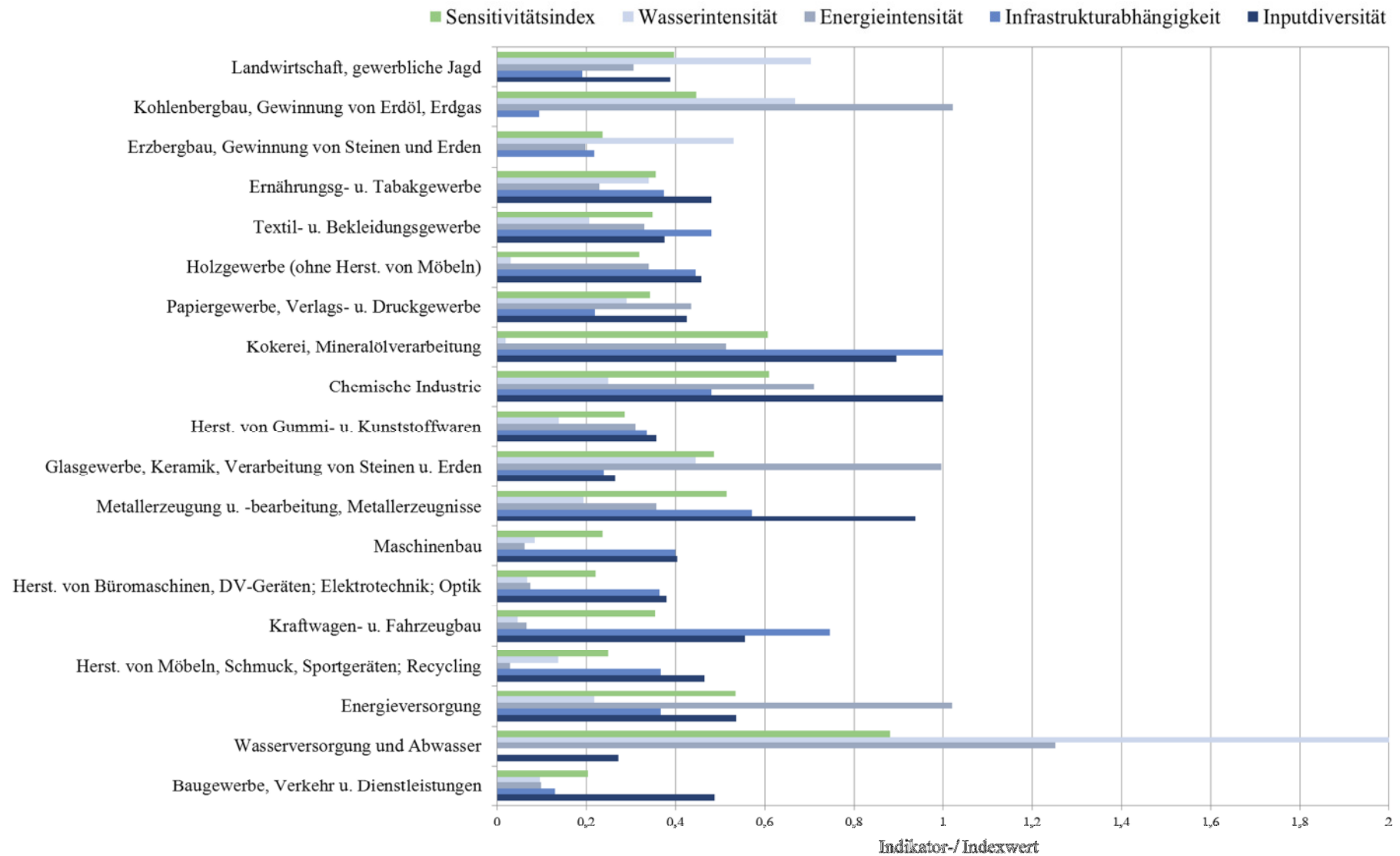


Abbildung 2: Ausprägungen der Sensitivitätsindikatoren am Beispiel der Hansestadt Hamburg.

Die regionalen Unterschiede des Sensitivitätsindex sind zunächst ausschließlich auf die Verkehrsinfrastrukturabhängigkeit zurückzuführen, da die anderen Indikatoren auf nationaler Ebene gebildet wurden. In der Hansestadt Hamburg zeichnen sich insbesondere die Wirtschaftssektoren „Textil- und Bekleidungsgewerbe“, „Holzgewerbe (ohne die Herstellung von Möbeln)“, „Kraftwagen und Fahrzeugbau“ und „Kokerei- und Mineralölverarbeitung“ durch eine starke überregionale Verflechtung aus, so dass ihnen generell ein hoher Indikatorwert für die Verkehrsinfrastrukturabhängigkeit zugeschrieben wird. Generell weisen die ländlichen Regionen jedoch eine höhere relative Abhängigkeit von interregionalen Verkehrsnetzen auf als die Hansestadt selbst. Dies ergibt sich daraus, dass in den ländlichen Regionen weniger Zulieferer und Abnehmer von Zwischenprodukten der jeweiligen Wirtschaftszweige ebenfalls in der Region angesiedelt sind. Sind vor- und nachgelagerte Branchen stark in der Region vertreten, wird angenommen, dass weniger Handel über die Regionsgrenzen hinaus stattfindet.

Durch den hohen interregionalen Vernetzungsgrad weist Verkehrsinfrastrukturabhängigkeit in den ländlichen Regionen eine leichte Dominanz gegenüber den anderen Überindikatoren auf und beeinflusst insbesondere die Sensitivität der oben genannten Wirtschaftssektoren.

Der Überindikator Inputdiversität zeigt, dass die Betroffenheit der Wirtschaftssektoren „Kokerei und Mineralölverarbeitung“, „Metallerzeugung und -bearbeitung, Metallerzeugnisse“ und „Chemische Industrie“ aufgrund ihrer Produktionsstruktur besonders hoch ist. Diese Wirtschaftssektoren zeichnen sich dadurch aus, dass sie einerseits von einer großen Anzahl von Vorleistungsgütern abhängig sind und diese zum anderen von nur wenigen Wirtschaftssektoren erhalten. Ihr Abhängigkeitsgrad steigt somit in zweifacher Hinsicht. Die Konzentration der Vorleistungen gefährdet den Wirtschaftssektor durch das Ausmaß eines möglichen Ausfalls, während eine Vielzahl von Vorleistungen die Wahrscheinlichkeit eines solchen erhöht.

Der Wirtschaftssektor „Glasgewerbe, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden“ ist im Vergleich zu den anderen von hoher Wasser- sowie Energieintensität geprägt. Dabei zeigt er sowohl gegenüber einem Ausfall der Versorgung als auch gegenüber Preissteigerung eine relativ hohe Sensitivität.

Der Überindikator Wasserintensität führt zudem zu der Einschätzung einer relativ hohen Sensitivität der Sektoren „Kohlebergbau, Gewinnung von Erdöl, Erdgas“, „Holzgewerbe (ohne die Herstellung von Möbeln)“ und „Wasserversorgung“ selbst.

Wie bereits angesprochen weist der Überindikator Verkehrsinfrastrukturabhängigkeit gegenüber den anderen Überindikatoren eine leichte Dominanz auf. Darauf folgen Energie- und Wasserintensität. Die Inputdiversität übt dagegen einen relativ geringen Einfluss auf den Sensitivitätsindex aus. Wie aus der Abbildung 2 hervorgeht, trägt der Überindikator Wasserintensität zu einer erhöhten Varianz des Sensitivitätsindex bei, da er sich in einem Rahmen

von 0 bis 2 bewegt. Diese Rangfolge der Überindikatoren steht in Einklang den Ergebnissen qualitativer Analysen (u.a. Lühr et al. 2011, Schuchardt et al. 2012).

5.2 Der Betroffenheitsindex

In einem zweiten Schritt werden die Überindikatoren Wasser- und Energieintensität mit den projizierten Temperaturanstiegen für den Zeitraum 2071 bis 2100 gewichtet. Hierfür werden die Temperaturänderungen zunächst normalisiert und im Anschluss als Expositionsgeichte in den Index integriert, indem der jeweilige Überindikator mit dem Faktor (1+ normalisierter Temperaturanstieg) multipliziert wird. Zur Normalisierung wird erneut die Min-Max-Methode verwendet.

Die so erfolgte Verbindung von Sensitivität und Exposition führt zu den in Abbildung 3 dargestellten Betroffenheitsindizes der einzelnen Regionen. Aufgrund der Gewichtung verläuft der Betroffenheitsindex in einer Skala zwischen 0 und 1,0, während sich die ungewichteten Überindikatoren des Sensitivitätsindex in einem Rahmen von 0 bis 2,0 bewegten.

Überregionalen Handlungsbedarf signalisiert der Betroffenheitsindex in den Schlüssel-sektoren Energie- und Wasserwirtschaft, in der Chemischen Industrie sowie in den Sektoren „Landwirtschaft, gewerbliche Jagd“, „Glasgewerbe, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden“ sowie „Metallerzeugung und -bearbeitung, Metallerzeugnisse“.

Um das Gefährdungspotential einer Region angemessen darstellen zu können, muss zusätzlich die Bedeutung der einzelnen Wirtschaftssektoren für den jeweiligen Wirtschaftsstandort berücksichtigt werden. Aus diesem Grund wird der Betroffenheitsindex mit den Beschäftigtenanteilen eines Wirtschaftssektors für das Jahr 2007⁴, gemessen an der regionalen Gesamtbeschäftigung, multipliziert. Der so entstehende Index verläuft in der Metropolregion Hamburg in einem Wertebereich von 0 bis 0,242 (Abbildung 4). Der Großteil der Werte verläuft zwischen 0 und 0,034, während die Werte des Sektors „Baugewerbe, Verkehr und Dienstleistungen“ Ausreißer darstellen, die aufgrund der Größe des Wirtschaftssektors in der Metropolregion bei 0,172 beziehungsweise 0,242 liegen.

Unter Berücksichtigung der Beschäftigtenverhältnisse identifiziert der Betroffenheitsindex insbesondere den Sektor „Baugewerbe, Verkehr und Dienstleistungen“ in allen Regionen der Metropolregion als besonders gefährdet. Es folgen die „Chemische Industrie“ in Dithmarschen, das „Ernährungs- und Tabakgewerbe“ in Cuxhaven und der Sektor „Maschinenbau“ im Herzogtum Lauenburg. Die Schlüsselsektoren Wasser- und Energiewirtschaft verlieren hingegen an Bedeutung, da sie vergleichsweise geringe Beschäftigtenzahlen aufweisen.⁵

⁴ Datenquelle: Bundesagentur für Arbeit (2008).

⁵ Der Sektor „Baugewerbe, Verkehr und Dienstleistungen“ wird in Abbildung 4 nicht berücksichtigt. Aufgrund des hohen Beschäftigtenanteils überlagert seine gewichtete Betroffenheit die der anderen Sektoren, sodass eine grafische Unterscheidung der übrigen Sektoren kaum mehr möglich wäre. Da es sich bei dem Sektor „Baugewerbe, Verkehr und Dienstleistungen“ um einen sehr heterogenen Bereich handelt wären für genauere Untersuchungen detailliertere Daten notwendig, die eine Unterscheidung der verschiedenen Dienstleistungsbereiche ermöglichen. Dies ist derzeit noch nicht möglich.

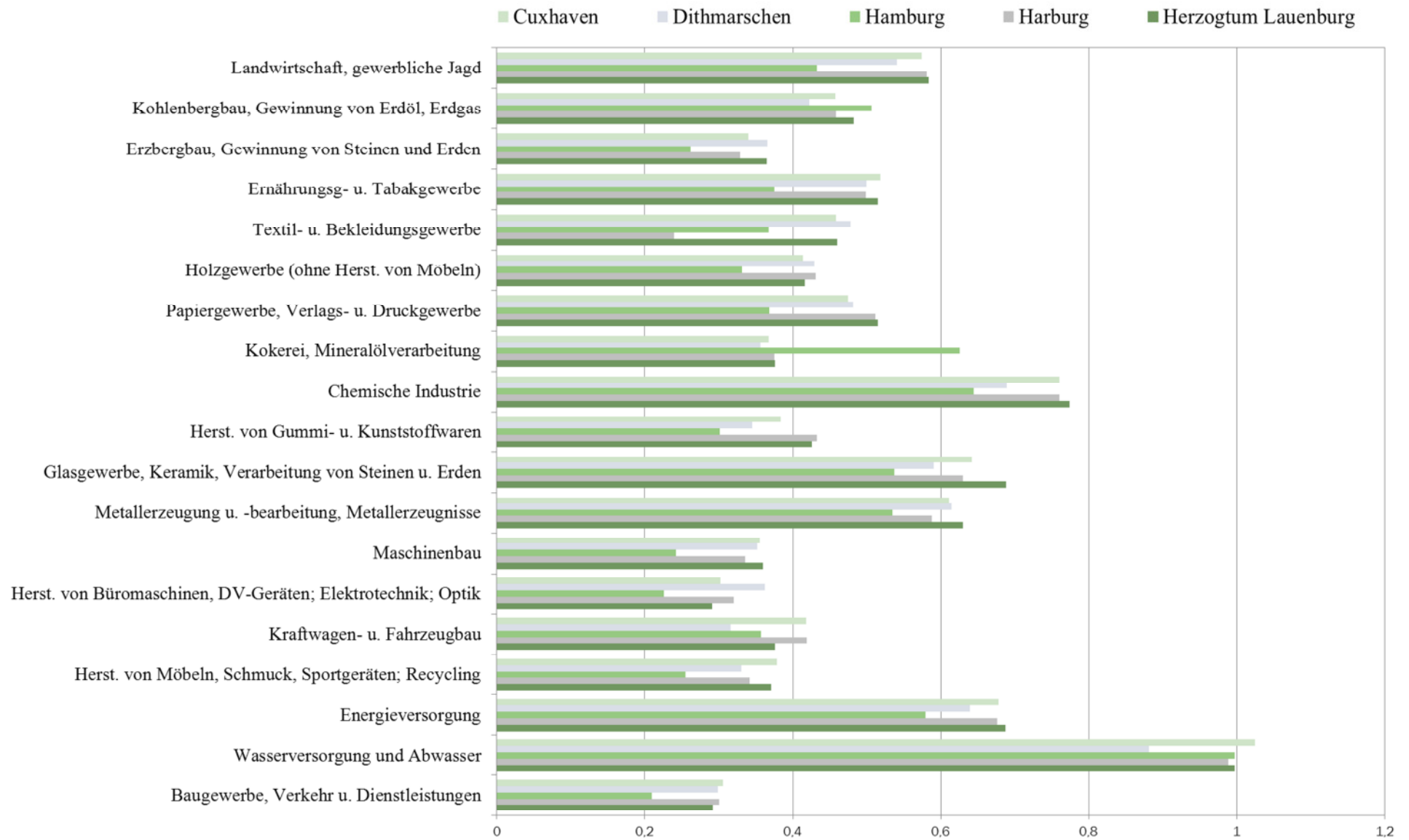


Abbildung 3: Vergleich der Regionalen Betroffenheitsindizes.

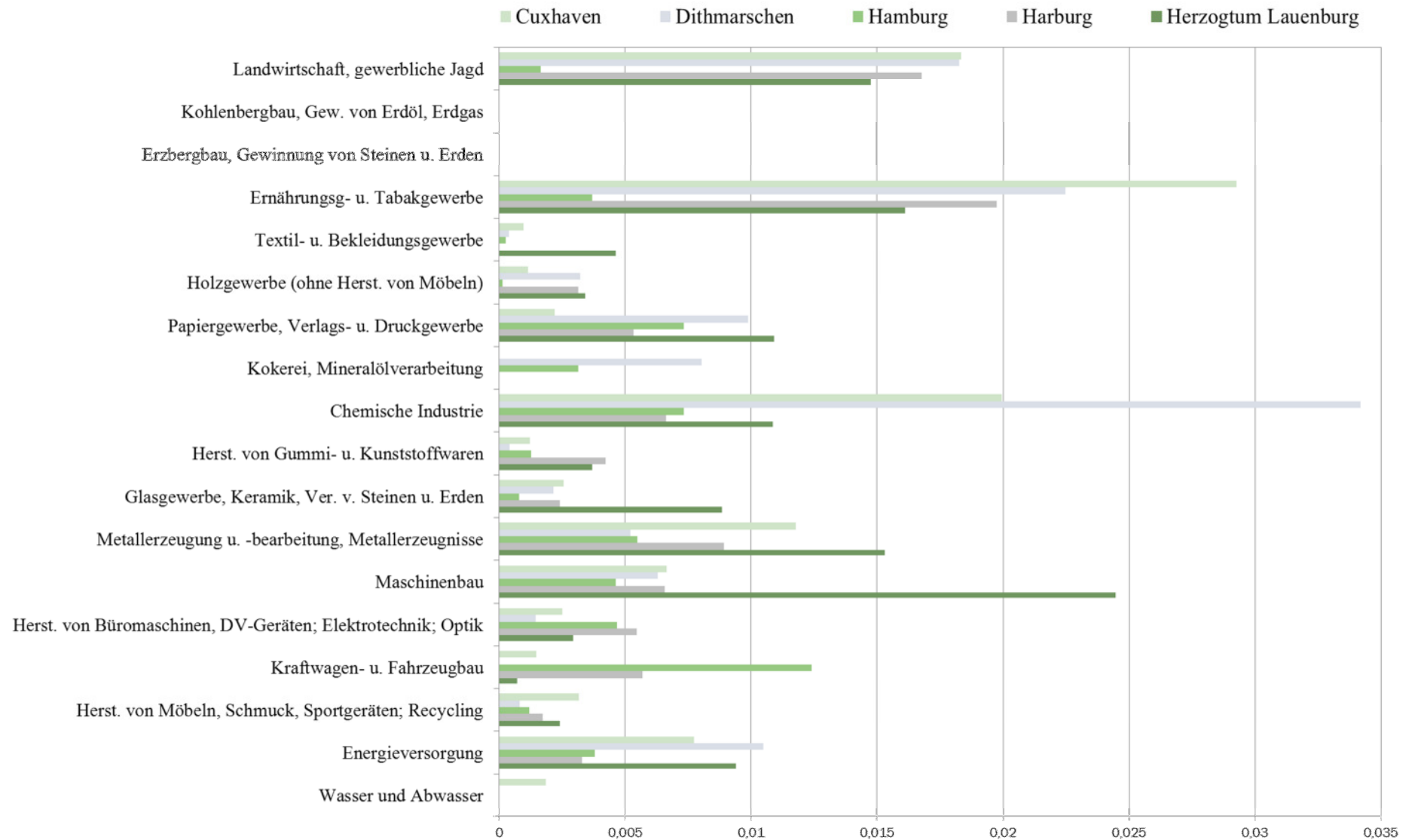


Abbildung 4: Integration von Beschäftigungsanteilen in den Betroffenenindex (Darstellung ohne „Baugewerbe, Verkehr und Dienstleistungen“).

Die zentralen Ergebnisse des Betroffenheitsindex sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die Tabelle gibt einen Überblick über die relative Betroffenheit der untersuchten Regionen ohne und mit Berücksichtigung von Temperaturänderungen und Beschäftigungsstrukturen. Der Sensitivitätsindex weist den Kreis Cuxhaven als besonders gefährdet aus. Berücksichtigt man allerdings die prognostizierten Temperaturänderungen, so gilt der Kreis Herzogtum Lauenburg am stärksten vom Klimawandel betroffen. Aufgrund seiner Wirtschaftsstruktur tritt die Betroffenheit des Herzogtums Lauenburg jedoch hinter jener der Kreise Cuxhaven und Dithmarschen zurück. Die Gefährdung der Hansestadt Hamburg wird von jedem Ansatz als vergleichsweise gering ausgewiesen. Wie oben diskutiert ist dieses Ergebnis insbesondere der höheren Verkehrsinfrastrukturabhängigkeit ländlicher Regionen geschuldet.

Die Gewichtung mit Beschäftigtenzahlen zeigt, dass der Betroffenheitsindex sowohl unter Berücksichtigung der Beschäftigtenverhältnisse als auch ohne eine solche betrachtet werden muss. Wird nur der mit den Beschäftigtenverhältnissen gewichtete Betroffenheitsindex betrachtet, könnte die Gefährdung von Wirtschaftssektoren mit geringem Beschäftigtenanteil, aber hohem Sensitivitätsindex und von Schlüsselsektoren wie dem Energieversorgungssektor unterschätzt werden. Der nicht gewichtete Index überschätzt andererseits die regionale Gefährdung relativ kleiner Wirtschaftssektoren, gibt aber gleichzeitig Auskunft über deren inhärenten Betroffenheitsgrad.

Tabelle 2: Auswirkungen der Integration von Temperaturänderungen und Beschäftigtenanteilen

| Region | Mittelwert der Indikatoren |
|---|-----------------------------------|
| Sensitivitätsindex | |
| Cuxhaven | 0,482 |
| Herzogtum Lauenburg | 0,478 |
| Dithmarschen | 0,473 |
| Harburg | 0,468 |
| Hamburg | 0,401 |
| Betroffenheitssindex | |
| Herzogtum Lauenburg | 0,506 |
| Cuxhaven | 0,498 |
| Harburg | 0,485 |
| Dithmarschen | 0,473 |
| Hamburg | 0,429 |
| Betroffenheitssindex gewichtet mit Beschäftigtenanteilen | |
| Cuxhaven | 0,019 |
| Dithmarschen | 0,019 |
| Herzogtum Lauenburg | 0,018 |
| Harburg | 0,018 |
| Hamburg | 0,012 |

Anmerkung: Allein die Relation der Ausprägungen eines Index zueinander lässt Interpretation über relative Betroffenheit zu. Die Veränderung der absoluten Werte zwischen den einzelnen Indizes ist nicht interpretierbar.

6. Schlussbemerkungen

Es gilt mittlerweile als sicher, dass sich das Klima auch in Deutschland bereits ändert und auch in Zukunft ändern wird. Allerdings ist die Unsicherheit bezüglich des Ausmaßes der Änderungen insbesondere auf regionaler Ebene hoch. Regionale Entscheidungsträger stehen bereits heute vor der Herausforderung die ihnen für die Bewältigung der klimatischen Veränderungen zur Verfügung stehenden Ressourcen effizient einzusetzen. Der in dieser Arbeit entwickelte Index setzt hier an und zeigt, welche Branchen stärker und welche weniger von Klimaänderungen betroffen sind und sein werden. Außerdem werden regionale Betroffenheiten ermittelt, indem Branchenstrukturen berücksichtigt werden. Gleichzeitig wird ein erster Weg aufgezeigt, wie regionale Klimadaten in den Betroffenheitsindex integriert werden können. Diese Herangehensweise ermöglicht es, regionsspezifische Handlungsprioritäten abzuleiten.

Die Erstellung eines Index zur Messung von Vulnerabilität gegenüber klimatischen Veränderungen ist umstritten. Kritiker befürchten ein Index suggeriere Messbarkeit in einem Bereich der zu komplex ist, um in einer Zahl dargestellt zu werden. Auf regionaler Ebene wird der Nutzen eines Index zur Identifikation vulnerabler Wirtschaftssektoren jedoch anerkannt. Voraussetzung für eine zweckmäßige Identifikation ist die Erklärbarkeit durch wenige Variablen (Zebisch et al. 2005 S.4, Hinkel 2011 S.199, 204), die im Betroffenheitsindex gegeben ist. Um den Bedenken zu begegnen wird explizit darauf hingewiesen, dass der hier entwickelte Betroffenheitsindex nicht die absolute Betroffenheit eines Wirtschaftssektors oder einer Region widerspiegelt. Er ermöglicht vielmehr den Vergleich zwischen Regionen und Wirtschaftssektoren und leitet dadurch politische Aufmerksamkeit und Aktivitäten in besonders betroffene Bereiche. Ein umfassendes Bild, aus welchem Handlungsempfehlungen innerhalb einer Region abgeleitet werden können, kann nach wie vor nur durch Ergänzung qualitativer Analysen gezeichnet werden.

Zukünftige Arbeiten an dem hier entwickelten Betroffenheitsindex werden darauf ausgerichtet sein, ein differenzierteres Bild der sektoralen Betroffenheit abzubilden, insbesondere im Bereich „Baugewerbe, Verkehr und Dienstleistungen“. Heterogenitäten innerhalb der Wirtschaftssektoren könnten so besser abgebildet werden. Die Grenzen der Weiterentwicklung ergeben sich dabei vor allem aus der Datenlage. In vielen Fällen verhinderte die sektorale und regionale Aggregation von Datensätzen zudem die Aufnahme weiterer Indikatoren.

Literatur

Auerswald, H., Vogt, G. (2010): Zur Klimasensibilität der Wirtschaft in der Region Dresden. ifo Dresden berichtet 17 (3), 15-23.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2007): Klimaanpassung Bayern 2020: Der Klimawandel und seine Auswirkungen – Kenntnisstand und Forschungsbedarf als Grundlage für Anpassungsmaßnahmen, Kurzfassung einer Studie der Universität Bayreuth. Online verfügbar unter: http://www.bayceer.uni-bayreuth.de/bayceer/de/pub/pub/59022/stmugv_app000000.pdf.

Bundesagentur für Arbeit (2008): Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Arbeitsort.

Cutter et al. (2003): Social vulnerability to environmental hazards. In: Social Science Quarterly 84:2, 242-261.

Heymann E. (2007): Klimawandel und Branchen: Manche mögen's heiß!, In: Deutsche Bank Research; Aktuelle Themen.

Flegg, A. T., Webber, D. (1997): On the appropriate use of location quotients in generating regional input-output tables: Reply, Regional Studies 31, 795-805.

Gößling-Reisemann et al. (2012): Klimawandel: Regionale Verwundbarkeit der Energieversorgung in Deutschland. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 62. Jg. (2012) Heft 4, S.60-63.

Hinkel, J. (2011): "Indicators of vulnerability and adaptive capacity": Towards a clarification of the science-policy interface. Global Environmental Change 21, 198-208.

IPCC (2007): Summary for Policymakers – Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., van der Linden, P. J., Hanson, C. E. (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 7-22.

Ionescu, C., Klein, R. J. T., Hinkel, J., Kumar, K. S. K. (2005): Towards a formal framework of vulnerability to climate change. FAVAIA Working Paper.

Jacob, D., Bülow, K., Kotova, L., Moseley, C., Petersen, J., Rechid, D. (2012): Regionale Klimaprojektionen für Europa und Deutschland: Ensemble Simulationen für die Klimafolgenforschung. CSC Report 6, Climate Service Center Hamburg.

Kowalewski, J. (2012): Regionalization of national input-output tables: empirical evidence on the use of the FLQ formula. Regional Studies, Published online, DOI: 10.1080/00343404.2013.766318.

Lühr, O., Apfel, D., Schneider, J. (2011): Standort- und marktbezogene Betroffenheit der regionalen Wirtschaft durch den Klimawandel - Vulnerability-Assesment der dynaklim-wirtschaft Teil 2. dynaklim-Publikation Nr. 09/ Juni 2011.

Mahammadzadeh, M., Chrischilles, E., Biebeler, H. (2013): Klimaanpassung in Unternehmen und Kommunen – Betroffenheit, Verletzlichkeiten und Anpassungsbedarf. Forschungsberichte aus dem Institut der deutschen Wirtschaft Köln Nr. 83.

Moosmüller, G. (2004): Methoden der empirischen Wirtschaftsforschung. Pearson Studium, München.

OECD (2008): Handbook of constructing composite indicators – Methodology and user guide. OECD publishing.

Riegel, C., Vallée, D., Siegel, G., Dosch, F. (2011): Vulnerabilitätsanalyse in der Praxis. Inhaltliche und methodische Ansatzpunkte für die Ermittlung regionaler Betroffenheiten. BMVBS-Online-Publikation 21/2011. Online verfügbar unter:

http://www.bbsr.bund.de/cln_032/nn_629248/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2011/DL__ON212011,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/DL_ON212011.pdf

Scherzer et al. (2010): WASKlim – Entwicklung eines übertragbaren Konzeptes zur Bestimmung der Anpassungsfähigkeit sensibler Sektoren an den Klimawandel am Beispiel der Wasserwirtschaft. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 47/2010.

Schuchardt, B., Wittig, S. (Hrsg.) (2012): Vulnerabilität der Metropolregion Bremen-Oldenburg gegenüber dem Klimawandel (Synthesebericht). nordwest2050-Berichte Heft 2. Bremen/Oldenburg: Projektkonsortium ‚nordwest2050‘.

Statistisches Bundesamt (2012a): Energie, Rohstoffe, Emissionen – Primärenergieverbrauch nach Produktionsbereichen im Inland in Petajoule. Online verfügbar unter:

<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/Umweltoekonomie/Gesamtrechnungen/EnergieRohstoffeEmissionen/Tabellen/Primaerenergieverbrauch.html>.

Statistisches Bundesamt (2012b): Umweltnutzung und Wirtschaft- Tabellen zu den Umwelt-ökonomischen Gesamtrechnungen, Teil 4: Rohstoffe, Wassereinsatz, Abwasser, Abfall. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2007): Input-Output-Tabelle 2007 zu Herstellungspreisen, Inländische Produktion. Fachserie 18, Reihe 2.

Tröltzsch, J., B. Görlach, H. Lückge, M. Peter, C. Sartorius (2011): Ökonomische Aspekte der Anpassung an den Klimawandel – Literaturlauswertung zu Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel. Climate Change 19/2011.

Umweltbundesamt (2012): Daten zur Umwelt – Primärenergieverbrauch. Online verfügbar unter: <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=2326>.

Zebisch et al. (2005): Klimawandel in Deutschland – Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 08/05.

HWWI Research Papers

seit 2012

- 138 [Equal matches are only half the battle. Why German female graduates earn 33% less than males](#)
Christina Boll, Januar 2013
- 137 [Protection against major catastrophes: an economic perspective](#)
Lars Wenzel, André Wolf, Januar 2013
- 136 [The political economy of trade and migration: Evidence from the U.S. Congress](#)
Paola Conconi, Giovanni Facchini, Max Friedrich Steinhardt, Maurizio Zanardi, Dezember 2012
- 135 [Political Determinants of Budget Deficit in Pakistan: An Empirical Investigation](#)
Mumtaz Anwar, November 2012
- 134 [The Impact of Distance in Seaborne Trade: An Analysis of Bilateral Container Transport Flows](#)
Franziska Biermann, November 2012
- 133 [Forecasting Regional Growth in Germany: A panel approach using Business Survey Data](#)
Lars Wenzel, Oktober 2012
- 132 [Public Sector Employment and Fertility in Germany](#)
Nora Reich, September 2012
- 131 [The effect of market access on the labor market: Evidence from German reunification](#)
Ulrich Zierahn, September 2012
- 130 [Monocentric Cities, Endogenous Agglomeration, and Unemployment Disparities](#)
Ulrich Zierahn, September 2012
- 129 [Impact of Benefit Sanctions on Unemployment Outflow – Evidence from German Survey Data](#)
Katja Hillmann, Ingrid Hohenleitner, September 2012
- 128 [Who leaves and when? Selective outmigration of immigrants from Germany](#)
Torben Kuhlenkasper, Max Friedrich Steinhardt, Juni 2012
- 127 [Inter-industrial relations and sectoral employment development in German regions](#)
Julia Kowalewski, Juni 2012
- 126 [Regionalization of national input-output tables: empirical evidence on the use of the FLQ formula](#)
Julia Kowalewski, Juni 2012
- 125 [Does Dual Citizenship Increase Naturalization? Evidence from Indian Immigrants in the U.S.](#)
Daniel Naujoks, Mai 2012
- 124 [The Estimation of Reservation Wages: A Simulation-Based Comparison](#)
Julian S. Leppin, April 2012
- 123 [Trade and Economic Growth: A Re-examination of the Empirical Evidence](#)
Matthias Busse, Jens Königer, April 2012
- 122 [Immigration and Election Outcomes – Evidence from City Districts in Hamburg](#)
Alkis Henri Otto, Max Friedrich Steinhardt, April 2012
- 121 [Renewables in the energy transition – Evidence on solar home systems and lighting fuel choice in Kenya](#)
Jann Lay, Janosch Ondraczek, Jana Stöver, April 2012

- 120 Weniger Rechtsverletzungen durch mehr Informationen? Arbeitsmarkterfahrungen und Informationsbedarf bulgarisch- und albanischsprachiger Zuwanderter in Berlin
Vesela Kovacheva, Dita Vogel, Mai 2012
- 119 Creative professionals and high-skilled agents: Polarization of employment growth?
Jan Wedemeier, März 2012
- 118 Unraveling the complexity of U.S. presidential approval. A multi-dimensional semi-parametric approach
Michael Berlemann, Soeren Enkelmann, Torben Kuhlenkasper, Februar 2012
- 117 Policy Options for Climate Policy in the Residential Building Sector: The Case of Germany
Sebastian Schröder, Februar 2012
- 116 Fathers' Childcare: the Difference between Participation and Amount of Time
Nora Reich, Februar 2012
- 115 Fathers' Childcare and Parental Leave Policies – Evidence from Western European Countries and Canada
Nora Reich, Christina Boll, Julian Leppin, Hamburg, Februar 2012
- 114 What Drives FDI from Non-traditional Sources? A Comparative Analysis of the Determinants of Bilateral FDI Flows
Maximiliano Sosa Andrés, Peter Nunnenkamp, Matthias Busse, Hamburg, Januar 2012

Das Hamburgische WeltWirtschaftsinstitut gemeinnützige GmbH (HWWI) ist eine unabhängige Beratungs- und Forschungseinrichtung, die wirtschaftspolitisch relevante ökonomische und sozio-ökonomische Trends analysiert.

Für seine praxisnahe Beratung stützt sich das HWWI auf Grundlagenforschung und methodische Expertise. Auftrag- und Projektgeber des HWWI sind Unternehmen, Verbände, Ministerien, die EU-Kommission, Stiftungen und Einrichtungen der Forschungsförderung. Darüber hinaus engagiert sich das Institut in der wirtschaftswissenschaftlichen Lehre sowie in der Qualifizierung des wissenschaftlichen Nachwuchses.

Neben dem Hauptsitz in Hamburg ist das HWWI mit Zweigniederlassungen in Bremen und Erfurt präsent.

Die Themenfelder des HWWI sind:

- Konjunktur und globale Märkte
- Regionalökonomie und Stadtentwicklung
- Sektoraler Wandel: Maritime Wirtschaft und Luftfahrt (HWWI in Bremen)
- Ordnungsökonomik und institutioneller Wandel (HWWI in Erfurt)
- Energie- und Rohstoffmärkte
- Umwelt und Klima
- Migration und Integration
- Erwerbstätigkeit und Familie
- Gesundheits- und Sportökonomik
- Family owned Business und Mittelstand
- Immobilien- und Vermögensmärkte

Das HWWI hat die private Rechtsform einer gemeinnützigen GmbH und wird nicht staatlich gefördert. Gesellschafter des Instituts sind die Universität Hamburg und die Handelskammer Hamburg. Zu den strategischen Partnern des HWWI gehören die Berenberg Bank, die Hamburger Sparkasse, die Hamburg School of Business Administration, die Nordcapital Holding und die Kühne Logistics University. Die HWWI gGmbH hat in Zusammenarbeit mit der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) Leitlinien guter wissenschaftlicher Praxis etabliert. Alle im Rahmen der Forschung der HWWI gGmbH in Anspruch genommenen Finanzierungsquellen, Infrastruktureinrichtungen und sonstigen externen Unterstützungen sind auf unserer Website dokumentiert.

Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)

Heimhuder Straße 71 | 20148 Hamburg

Tel +49 (0)40 34 05 76 - 0 | Fax +49 (0)40 34 05 76 - 776

infowww.hwwi.org