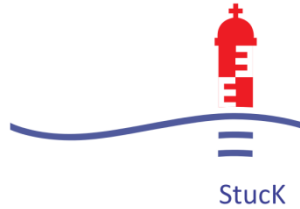




Hamburgisches
WeltWirtschafts
Institut



Meilenstein 6.2.:

Überblick zur Datenverfügbarkeit und -qualität bei den Ökosystemdienstleistungen und der Risikobetrachtung

Juli 2017

Dr. Malte Jahn

Marie-Christin Rische

Andreas Röhlig

Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)

Inhalt

1. Einleitung	2
2. Ökosystemleistungen	2
2.1 Überblick	2
2.2 ÖSL-Indikatoren	3
2.2.1 Datenverfügbarkeit.....	3
2.2.2 Datenqualität	4
2.3 Monetäre Referenzwerte	4
2.3.1 Datenverfügbarkeit.....	5
2.3.2 Datenqualität	6
3. Risikobetrachtung.....	7
3.1 Datenverfügbarkeit	7
Hochwasser-Aktionsplan Emscher	8
MERK-Projekt.....	8
Dissertation Meyer	9
3.2 Datenqualität	10
4. Ausblick	11
Literatur	13

1. Einleitung

Für die ökonomische Analyse eines nachhaltigen Regenwassermanagements im Rahmen des Arbeitspakets 6 des Projekts StucK ist der Zugang zu externen Daten von zentraler Bedeutung für die erfolgreiche Umsetzung der Analysen. Die Qualität dieser Daten bestimmt dadurch auch über die Qualität der Ergebnisse, die im Projekt erreicht werden sollen. Daher wurde ein Meilenstein definiert, um einen Zwischenstand über die Datenverfügbarkeit und die Datenqualität für die Arbeitspakete 6.2 Ökosystemleistungen (ÖSL) und 6.3. Risikobetrachtungen festzuhalten. Im Folgenden wird für beide Arbeitspakete erst die Verfügbarkeit und dann die Qualität der vorhandenen Daten diskutiert.

2. Ökosystemleistungen

2.1 Überblick

Arbeitspaket 6.2. widmet sich der ökonomischen Bewertung von Ökosystemleistungen (ÖSL). Ziel ist es, den ÖSL-Ansatz in die Analyse des Hochwassermanagements zu integrieren, um die unterschiedliche Nutzenwirkung verschiedener Hochwasserschutz-Optionen besser berücksichtigen und miteinander vergleichen zu können. Hierfür bedarf es zunächst der Identifikation und Quantifizierung relevanter, d.h. durch das Hochwassermanagement beeinflusster ÖSL. Die anschließende ökonomische Bewertung erfolgt mittels der Monetarisierung der zu beobachtenden bzw. zu erwartenden Veränderungen in den ÖSL. Innerhalb StucKs wird hierfür vorrangig die Nutzentransfermethode verwendet, welche sich der Bewertungsergebnisse bestehender Primärstudien bedient und diese auf das jeweilige Untersuchungsgebiet überträgt (Johnston et al., 2015b; Bateman et al., 2009). Um eine möglichst hohe Validität der Ergebnisse zu gewährleisten, sind zudem etwaige Unterschiede in den Eigenschaften des Untersuchungs- und Referenzgebiets zu berücksichtigen.

Die Anwendung der Nutzentransfermethode zur ökonomischen Bewertung der Auswirkungen des Hochwassermanagements auf die ÖSL-Bereitstellung urbaner Fließgewässer benötigt daher im Wesentlichen drei verschiedene Datengruppen:

- (1) **ÖSL-Indikatoren:** Hierbei handelt es sich um geeignete metrische Maßzahlen, die die betrachteten ÖSL sinnvoll quantifizieren. Versorgungsleistungen wie die Bereitstellung von Fisch als Nahrungsmittel lassen sich bspw. über jährliche Fangzahlen (in t/a) aber auch über die Fischbestände beziffern. Die Quantifizierung der Hochwasserschutzleistung kann über die Verringerung von Überschwemmungswahrscheinlichkeiten (in %) oder Überschwemmungsflächen (in ha) erfolgen. Weitere Beispiele für Regulationsleistungsindikatoren sind die Nitratbelastung des Wassers (mgNO₃/l), die jährliche Kohlenstoffdioxidabspaltung (in kgCO₂/ha/a) oder auch die Minderung von Schalldruckpegeln (dB/m Bewuchsbreite). Nutzungsabhängige Kulturleistungen, wie Freizeit- und Erholungsaktivitäten oder auch Tourismus, lassen sich bspw. über die jährlichen Nutzerzahlen (Besuche/Jahr, Übernachtungen/Jahr) erfassen.
- (2) **Monetäre Referenzwerte:** Dies sind in Geldeinheiten ausgedrückte Schätzwerte des (marginalen) Nutzens einer bestimmten ÖSL, welche aus bereits existierenden Studien

übertragen werden sollen. Voraussetzung für den Transfer auf das Untersuchungsgebiet ist, dass sich die Referenzwerte auf analog definierte ÖSL beziehen und entsprechend dimensioniert sind. Für die Bewertung der ÖSL *Verringerung der Nitratbelastung* böte sich entsprechend ein Referenzwert an, der den Nutzen eines niedrigeren Nitratgehalts in EUR/mgNO₃/l bemisst. Für Kulturleistungen, wie die Bereitstellung von *Fahrradwegen im naturnahen Raum*, kann bspw. auf direkt ermittelte Zahlungsbereitschaften in EUR/km (Rad-)Weg zurückgegriffen werden. Der Kontext, in dem die verwendeten Referenzwerte ermittelt worden, spielt dabei eine wesentliche Rolle. Für das Radfahrweg-Beispiel wäre zu berücksichtigen, dass Radwege entlang der Grünen Adern einer Stadt nur bedingt mit Radwegen durch ein ländliches Naturschutzgebiet zu vergleichen sind. Die Berücksichtigung solcher Unterschiede wirkt sich maßgeblich auf die Validität der Ergebnisse aus (Loomis and Rosenberger, 2006; Rosenberger and Stanley, 2006).

- (3) **Korrekturfaktoren:** Um die Validität der Transferergebnisse zu erhöhen, korrigieren verschiedene Nutzentransferansätze (korrigierter Transfer von Schätzwerten, Transfer von Bewertungsfunktionen, Meta-Analysen) für die Unterschiede zwischen dem Untersuchungs- und dem Referenzgebieten (Mayerhoff, 2010). In erste Linie betrifft dies ökonomische Faktoren. Damit Werte über Landesgrenzen, Zeitpunkte oder Einkommensniveaus hinweg übertragen werden können, sind Faktoren wie Einkommens- und Kaufkraftunterschiede sowie die Inflation zu berücksichtigen.

Die Verfügbarkeit und Qualität der beschriebenen Daten beeinflusst die Qualität der ökonomischen ÖSL-Bewertung mittels Nutzentransfer maßgeblich. Als vergleichsweise unproblematisch erweisen sich dabei die Korrekturfaktoren, die weitestgehend aus öffentlichen Statistiken entnommen werden können. Für den Projekterfolg kritischer sind hingegen die ÖSL-Indikatoren und Referenzwerte. Die nachfolgenden Ausführungen über Datenverfügbarkeit und -qualität beschränken sich daher auf diese beiden Punkte.

2.2 ÖSL-Indikatoren

2.2.1 Datenverfügbarkeit

Welche Umweltgrößen bzw. ÖSL in die ökonomische Analyse des (urbanen) Hochwasserschutzes zu integrieren sind, ist einzelfallabhängig und kann nicht pauschal beantwortet werden. Prinzipiell sind nur solche ÖSL zu erfassen, die im Untersuchungsgebiet eine gewisse Relevanz aufweisen und die durch (geplante) Hochwassermanagementmaßnahmen beeinflusst werden. Innerhalb Stuck bezieht sich die ÖSL-Bewertung vorrangig auf verschiedene Regulations- und Kulturleistungen. Versorgungsleistungen bleiben weitestgehend ausgeklammert.

Ein wesentlicher Teil der Bewertungsgrundlagen wird seitens der Projektpartner bereitgestellt. Für das Hochwassermanagement zentral ist dabei sicherlich die Bewertung der ÖSL *Hochwasserschutz*. Basis bieten die Berechnungsergebnisse der hydrologischen Simulation aus Arbeitspaket 2, aus denen sich für unterschiedliche Szenarien die zu erwartenden Überflutungsflächen errechnen. Des Weiteren sollen jedoch auch weniger tangible ÖSL berücksichtigt werden. Seitens der Projektpartner der Universität Hamburg werden daher u.a. verschiedene ÖSL des Bodens untersucht. Hierzu zählen dessen Wasseraufnahmefähigkeit sowie die Kohlenstoffdioxidspeicherung. Neben den bodenkundlichen Messungen, werden auch Daten zur pflanzlichen Biodiversität in

Regenrückhaltebecken sowie zur Kohlenstoffdioxidabspaltung und -speicherung des Randbewuchses erhoben.

Neben diesen Regulationsleistungen ist jedoch auch beabsichtigt weitere ÖSL in der Untersuchungsregion zu erfassen. Die Datenverfügbarkeit ohne Durchführung eigenständiger Datenerhebungen gestaltet sich hier jedoch deutlich schwieriger. Zum Zweck der Bestimmung von der ÖSL Mikroklimaregulation (Minderung von Temperaturspitzen) werden bspw. Daten wie die Baumbewuchsdecke benötigt. Das Hamburger Baumkataster (<http://www.hamburg.de/strassenbaeume-online-karte/>) reicht für diesen Zweck allerdings zu kurz, da lediglich Bäume an öffentlichen Straßen erfasst werden. Abhilfe könnte hier die Schätzung von Baumflächen mithilfe von Satellitenbildern sein. Deren Verwendbarkeit muss jedoch noch abschließend geprüft werden.

Die Ermittlung von Kulturleistungen (insbesondere Freizeitaktivitäten) erfordert eigentlich genaue Kenntnis von Nutzungszahlen. Hier zu liegen jedoch vergleichsweise wenige Informationen vor. Einen Teil des Freizeitangebotes kann durch das Geoportal Hamburg ermittelt werden (siehe <http://www.geoportal-hamburg.de/Geoportal/>). Allerdings fehlen hierüber hinaus wesentliche Daten bzgl. der tatsächlichen Nutzer und der Nutzungsfrequenz. Diese können nur grob geschätzt werden, was zu einer deutlichen Limitation der Ergebnisse führt.

2.2.2 Datenqualität

Für die verfügbaren Daten ist die Datenqualität hinsichtlich der ÖSL-Indikatoren kein limitierender Faktor. Insbesondere die innerhalb des Projektes erhobenen Daten stellen eine gute Grundlage für die nachfolgende ÖSL-Monetarisierung dar. Hinsichtlich extern zu recherchierender, nicht innerhalb des Projektes direkt erhobener Daten ist weniger die Qualität als die Verfügbarkeit der wesentliche limitierende Faktor.

Für bestimmte Indikatoren, wie die Baumdecke oder die Nutzung von Erholungsflächen und Sportangeboten können Schätzungen erstellt werden. Diese sind jedoch mit hohen Ungenauigkeiten verbunden. Da ein solches Herangehen jedoch bereits auf der ersten Stufe des Nutzentransfers zu Schätzfehlern führt, sind die Daten- und folglich auch die Ergebnisse mit vergleichsweise großen Unsicherheiten behaftet und müssen kritisch kommentiert werden.

Schätzungen nutzungsabhängiger Kulturleistungen können dennoch für Stück erfolgen, allerdings werden die Ergebnisse eher konzeptioneller Natur sein und intensivere Forschung für die Anwendbarkeit und Überwindung von Datenlimitationen sind gefordert. Mit Hinblick auf den Anspruch, künftigen Evaluierungen einen Leitfaden zur Hand zu reichen, zeigen diese Einschränkungen auch, dass auch der Nutzentransferansatz, trotz unbestreitbarer Kosten- und Zeitvorteile, nicht ohne fundamentale Inputdaten auskommt.

2.3 Monetäre Referenzwerte

Die eigentliche ökonomische Bewertung erfolgt über die Monetarisierung der zuvor quantifizierten ÖSL-Werte. Gerade für anwendungsorientierte Untersuchungen, in denen verschiedene ÖSL gleichzeitig zu berücksichtigen sind und für die gewisse Zeit- bzw. Budgetrestriktionen bestehen, hat sich die Nutzentransfermethode etabliert. Hierbei werden Primärstudienenergebnisse auf das

Untersuchungsgebiet übertragen. Die konkret zu verwendende Transfermethode und die damit einhergehenden Datenanforderungen können dabei je nach Art der ÖSL variieren.

2.3.1 Datenverfügbarkeit

Generell zeigt sich ein stetig wachsendes Forschungsinteresses hinsichtlich der ökonomischen Bewertung von ÖSL und die Monetarisierung von Umweltwirkungen wird zusehends in die Projektplanung und -evaluation integriert (Johnston et al., 2015b). Entsprechend erhöht sich auch die Zahl verfügbarer Primärstudien, aus denen die Nutzentransfermethode schöpfen kann. Für einen Großteil der ÖSL von Flüssen und ihren Randbereichen sind bereits Referenzwerte verfügbar. Allerdings bestehen auch Einschränkungen: Zwar beziehen sich viele Primärstudien auf die ÖSL von Flüssen, explizite Untersuchungen urbaner Systeme sind dabei jedoch vergleichsweise selten. Ob die Voraussetzungen für den Wertetransfer dennoch gegeben sind (Ähnlichkeit in Qualität der ÖSL oder Bevölkerungscharakteristiken (Figuerroa and Pasten, 2010)), ist im Einzelfall zu prüfen. Aufgrund der weitgefassten Definition des Ökosystems *Urbaner Fluss*, welche auch dessen Randbereiche einschließt, muss die ökonomische Bewertung z.T. auch ÖSL berücksichtigen, die gewöhnlich anderen Ökosystemen (insbes. städtischen Grünanlagen) zugeordnet werden. Hierzu zählen bspw. die CO₂-Abspaltung oder Schalldruckminderung durch den Randbewuchs oder auch die Erholungs- und Freizeitfunktion angrenzender Wege und Grünflächen. Kriterien der Übertragbarkeit sind hierfür ebenfalls zu prüfen. Darüber hinaus ist die Verfügbarkeit von Referenzwerten insbesondere dadurch limitiert, dass die betrachtete ÖSL bereits zuvor erfasst und bewertet wurde. Je spezieller die zu untersuchende ÖSL ist, desto kleiner die Wahrscheinlichkeit verwertbare Primärstudien zu finden. Für Endemiten, wie den im Zuge der Elbvertiefung untersuchten Schierlings-Wasserfenchel, finden sich in der Regel keine entsprechenden Referenzwerte. Zwar kann zum Zweck der Bewertung prinzipiell auf Werte vergleichbarer Pflanzenarten zurückgegriffen werden, allerdings sind signifikanten Übertragungsfehler nicht auszuschließen, sodass die Durchführung einer eigenständigen Primärstudie mitunter zu bevorzugen ist.

Die Datenbeschaffung monetärer Referenzwerte erfolgt in Form einer ausführlichen Literaturrecherche und einer damit einhergehenden Überprüfung der Übertragbarkeit für die zu untersuchenden ÖSL. Auswahlkriterien sind insbesondere die Vergleichbarkeit von Ökosystemen, der Bezugsrahmen und Bevölkerungscharakteristika. Die abschließende Bewertung der bislang gesichteten (und zu erweiternden) Studien ist jedoch noch nicht abschließend erfolgt.

Als guter Ansatzpunkt für die Recherche erweist sich die The TEEB Valuation Database (van der Ploeg and Groot), die eine umfassende Zusammenstellung von Bewertungsstudien verschiedener Ökosysteme und ÖSL darstellt. Da diese frei verfügbare Datenbank nicht aktualisiert wird, kann sie lediglich als Ausgangspunkt dienen, um über grundlegende Studien an den aktuellen Forschungsrand zu stoßen. Online verfügbar sind verschiedene, zugangsbeschränkte Datenbanken, die die ermittelten ÖSL-Werte verschiedener Studien gesammelt haben. Hierzu beispielsweise das ***Environmental Valuation Reference Inventory (EVRI)***, welches aktuell jedoch nicht aus Deutschland zugänglich ist oder die australische ***ENVALUE***-Datenbank, welche sich jedoch eher ältere Studienergebnisse präsentiert. Generell werden ÖSL-Datenbanken jedoch ohnehin dahingehend kritisiert, dass die Bewertungsgrundlagen oftmals nicht kenntlich gemacht werden und der Kontext der zugrundeliegenden Studien nicht genannt wird (Johnston et al., 2015c). So fehlen mitunter wesentliche Punkte, um den Nutzentransfer zu validieren. (Mayerhoff, 2010) kritisiert für den

deutschsprachigen Raum, dass es noch keine entsprechende Datenbank gibt – besonders nicht für Flüsse. (Johnston et al., 2015c) merken generell an, dass Datenbanken eher dazu geeignet sind, um einen ersten Überblick über die vorhandene Literatur zu bekommen, der eigentliche Datentransfer jedoch ohnehin auf eine genauere Untersuchung der verwendeten Studien bedarf. Daher wird innerhalb des Projekts Stuck nicht auf solche Datenbanken zurückgegriffen, sondern eigenständig für den verfolgten Zweck Studien zusammengestellt. Den Aufbau einer solchen Zusammenstellung zeigt Tabelle 1 beispielhaft.

Tabelle 1: Referenzwert-Beispiele für verschiedene ÖSL des urbanen Flusses

Hauptgruppe	Untergruppe	Elemente
Versorgungsleistungen	Trinkwasser	Bewertung zu Marktpreisen; durchschnittliche regionale Trinkwasserpreise (siehe Hamburg Wasser)
	Nahrungsmittel	<ul style="list-style-type: none"> Bewertung zu Marktpreisen; Preis für die vorwiegenden Arten (siehe z.B. European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products (EUMOFA))
Regulationsleistungen	Hochwasserschutz	<ul style="list-style-type: none"> Vermeidungsschadenmethode ist zu bevorzugen (siehe Abschnitt 3)
	Retention und Reinigung	<ul style="list-style-type: none"> Verringerung der Luftverschmutzung: (Ozon/PM10/NO2/SO2/CO) 1,79 USD/Baum/Jahr Siehe: (Nowak, 2010a) Wasserreinigung (Retention N) 6 EUR/kgN Siehe: (Born et al., 2012) und (Kowarik et al., 2016)
	Globales Klima	<ul style="list-style-type: none"> Gängiger Referenzwert: aktueller Preis der CO2-Zertifikate Aktuell: ca. 5 EUR/t Bsp. Chicago (2009): Preis der CO2-Zertifikate: ca. 21 USD/t Wert CO2-Speicherung: 21 USD/t = 4 USD Baum Wert CO2-Abspaltung: 21 USD/t = 0,15 USD/Baum/Jahr Siehe: (Nowak, 2010b)
	Städtisches Mikroklima	<ul style="list-style-type: none"> 10-prozentige Vergrößerung des städtischen Baumbestandes (Chicago) reduziert die Energiekosten (Heizen/Kühlen) pro Haus um 50-90 USD/Jahr (McPherson et al., 1997)
	Lärmschutz	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion der Lautstärke in Dezibel (db) Umweltpotential: 0,06 db/m Bewuchsfläche (Späh et al., 2011) Werte der Reduktion um 1 db: 10 EUR/db/Pers/Jahr (unter 70 db) 13 EUR/db/Pers/Jahr (über 70db) (Kowarik et al., 2016) und (Delft, 2011)
Kulturleistungen	Erholung und Tourismus	<ul style="list-style-type: none"> Bootfahren: 0,76USD/Kopf Fischen: 2,95USD/Kopf Schwimmen: 6,88 USD/Kopf Siehe (Kauffmann, 2016)
	Landschaftsästhetik	<ul style="list-style-type: none"> Aussicht/Ästhetik: 0,58USD/Kopf Siehe (Kauffmann, 2016)

2.3.2 Datenqualität

Während für die ÖSL-Indikatoren die Datenverfügbarkeit als Engstelle identifiziert werden konnte, ist dies bei der Wertübertragung und Monetarisierung vielmehr die Datenqualität bzw. -vollständigkeit

der Bezugsstudie. Primärstudien sind zumeist nicht explizit so designt, dass sie nachfolgend für den Nutzentransfer verwendet werden können (Johnston et al., 2015c). Folglich sind nur selten vollständige Informationen über die Untersuchungsregion vorhanden. Dies erschwert insbesondere die Anwendung des Nutzenfunktions-Transfers. Da innerhalb Stucks vorrangig auf die Methode des korrigierten Werte-Transfers zurückgegriffen wird, sind diese Einschränkungen jedoch weniger drückend. Dennoch gilt es im Einzelfall zu prüfen, ob die Kriterien *Ähnlichkeit der ÖSL- bzw. Umweltänderung, Ähnlichkeit in der Größenordnung der betrachteten Ökosysteme und Vergleichbarkeit der Bevölkerungscharakteristika* gegeben sind (EPA, 2000; Loomis and Rosenberger, 2006; Figuerroa and Pasten, 2010).

In der Literatur werden insbesondere die Veröffentlichung in peer-reviewed Zeitschriften, die Zitationshäufigkeit, das Vorhandensein von Validitätstests oder die Angaben von Fehlertermen als Indikatoren genannt, mit denen die grundsätzliche Qualität der Referenzwerte eingeschätzt werden kann (Johnston et al., 2015c). Generell wird zudem Studien, die ÖSL-Werte auf Basis zu beobachtenden Verhaltens errechnen (bspw. Marktpreismethode, Reisekostenmethode, Hedonische Preise), eine höhere Genauigkeit bzw. geringere Fehleranfälligkeit attestiert als Studien, die auf Befragungsergebnissen beruhen. Für viele Regulationsleistungen und nutzungsabhängige Kulturleistungen sind daher Studienergebnisse zu bevorzugen, die entsprechend erhoben wurden. Für weniger tangible und nicht über „Marktverhalten“ zu beobachtende ÖSL liefern Befragungsmethoden jedoch die einzige Bemessungsgrundlage.

Da der Transfer von Nutzenwerten auf ein anderes Ökosystem unweigerlich mit Fehlern behaftet ist, sind die Ergebnisse stets kritisch zu bewerten. Über die Genauigkeit verschiedener Transfermethoden herrscht indes keine einheitliche Meinung. Zwar wird zumeist unterstellt, dass die Verwendung von Nutzenfunktionstransfer und Metaanalysen über die Berücksichtigung vieler Informationen prinzipiell zu besseren Ergebnissen führt, allerdings deuten neuere Untersuchungen auch daraufhin, dass über die Aufnahme zusätzlicher Daten auch die Fehleranfälligkeit steigt. Die Verwendung des korrigierten Wertetransfers liefert daher für die meisten Zwecke hinreichend gute Ergebnisse (Johnston et al., 2015a).

3. Risikobetrachtung

Die Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen erfordert insbesondere eine Betrachtung des (Überflutungs-)Risikos. Im AP6.3 sind Risikobetrachtungen in dreifacher Hinsicht relevant. Erstens werden (kleinräumige) Schadensfunktionen benötigt, welche sich für die Analyse von Flutrisiken urbaner Fließgewässern eignen. Zweitens sollen für die Modellgebiete konkrete Kosten-Nutzen Analysen für Hochwassermanagementszenarien durchgeführt werden. Drittens soll erörtert werden, wie ÖSL in entsprechende Kosten-Nutzen-Analysen einfließen können.

Der Datenbedarf im AP 6.3 liegt also hauptsächlich im Bereich der Schadensfunktionen inklusive der Übertragung von (Parameter-)Werten aus der Literatur auf den Projektkontext.

3.1 Datenverfügbarkeit

Im Projekt Stuck werden hydrologische Simulationen für verschiedenen Szenarien durchgeführt. Um den Nutzen von Hochwasserschutzmaßnahmen mithilfe monetärer Werte darzustellen, werden Schadensfunktionen verwendet. Da Hochwasserrisiken seit vielen Jahrzehnten Teil der akademischen

und planerischen Diskussionen sind, existiert eine gewisse Literatur zu Schadensfunktionen. Im Folgenden ist eine Auswahl an Quellen aufgelistet. Für das Projekt Stuck sind mikroskalige (kleinräumige) relative Schadensfunktionen auf Basis der Flächennutzung besonders relevant.

Hochwasser-Aktionsplan Emscher

Die Emschergenossenschaft hat in ihrem „Hochwasser-Aktionsplan Emscher“ (Emschergenossenschaft/Hydrotec, 2004) eine Methodik zur Ermittlung von Hochwasserschäden definiert.

Zunächst werden Personenschäden, Sachschäden (Gebäude, Inventar, Lagerbestände, Infrastruktureinrichtungen, land- und forstwirtschaftliche Schäden, Kraftfahrzeuge) sowie Produktionsausfall, (Boden-)Wertänderungen und Einkommensverluste als relevante Schadenskategorien aufgestellt. Aufgrund der schwierigen Erfassbarkeit gehen „Personenschäden, Viehschäden, ökologische Schäden [...] Bodenwertänderungen, Einkommenseffekte [...] nicht in die Kosten-Nutzen-Analyse von Hochwasserschutzmaßnahmen ein“ (Emschergenossenschaft/Hydrotec 2004, Seite 2).

Es wird für Gebäude auf das Prinzip der relativen Schadensfunktionen (prozentuale Schädigung) in Kombination mit spezifischen Vermögenswerten zurückgegriffen. Für die Gebäude (privat und Gewerbe/Industrie) werden auf Basis der HOWAS Datenbank empirisch unterlegte Schadensfunktionen in Form von Wurzelfunktionen (in Bezug auf die Überflutungshöhe) verwendet. Für Kraftfahrzeuge wird eine logarithmische Funktion verwendet.

Andererseits werden für land- und forstwirtschaftliche Flächen, sowie Infrastruktur feste Schadenswerte pro m² unabhängig von der Überflutungshöhe angenommen.

Die Verluste durch Produktionsausfälle werden über die spezifische Bruttowertschöpfung pro Tag und pro Betrieb (verschiedene Größenklassen), welche aus volkswirtschaftlichen Daten geschätzt wird, berechnet.

MERK-Projekt

Im Abschlussbericht des Projekts „Mikroskalige Evaluation der Risiken in Überflutungsgefährdeten Küstenniederungen“ (MERK) werden Details zur Berechnung von Schadenspotentialen (durch Sturmfluten) dargestellt (Reese et al., 2003). Betrachtete Kategorien umfassen „Einwohner, Beschäftigte, Gästebetten, Gebäude(-inventar), Grundstückswerte, Kfz, Verkehrsflächen, Windkraftanlagen, land- und forstwirtschaftliche Flächen, Viehbestand, Freizeit- und Erholungsflächen, Bruttowertschöpfung, Ausrüstungsvermögen, Vorratsvermögen“.

Diesen Kategorien werden ALK-Objektnummern zugewiesen, bzw. für jedes Flächenstück im betrachteten Gebiet wird für jede der Schadenskategorien ein Wert geschätzt.

Im Vergleich zu anderen Studien werden Schadenspotentiale für Gebäude und somit auch entsprechendes Immobilienvermögen relativ detailliert ermittelt. Konkret wird unter anderem die durchschnittliche Geschosshöhe im Untersuchungsgebiet über eine Regressionsanalyse aus dem

Einwohnerbauindex (=Bevölkerungsindex/Bebauungsindex) hergeleitet. Diese wird verknüpft mit durchschnittlichen Gebäudevermögen je m² Stockwerksfläche.

Die eigentlichen Schadensfunktionen sind größtenteils relative Schadensfunktionen (siehe Tab. 2).

Tabelle 2: Schadensfunktionen (Quelle: Reese et al. 2003)

Schadenskategorie	Überflutungshöhe über Geländeoberkante in m																			
	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
Gebäude (Evaluation gesamte Gebäudesubstanz)	Schäden in %																			
2 geschossige Gebäude mit Keller	4,25	5,50	6,75	8,00	9,25	10,50	11,75	13,00	14,25	15,50	16,75	18,00	19,25	20,50	21,75	23,00	24,25	25,50	26,75	28,00
2 geschossige Gebäude ohne Keller	1,25	2,50	3,75	5,00	6,25	7,50	8,75	10,00	11,25	12,50	13,75	15,00	16,25	17,50	18,75	20,00	21,25	22,50	23,75	25,00
4 geschossige Gebäude mit Keller	3,75	4,50	5,25	6,00	6,75	7,50	8,25	9,00	9,75	10,50	11,25	12,00	12,75	13,50	14,25	15,00	15,75	16,50	17,25	18,00
4 geschossige Gebäude ohne Keller	0,75	1,50	2,25	3,00	3,75	4,50	5,25	6,00	6,75	7,50	8,25	9,00	9,75	10,50	11,25	12,00	12,75	13,50	14,25	15,00
Hallenartige Gebäude	3,125	6,25	9,38	12,50	15,63	18,75	21,88	25,00	28,13	31,25	34,38	37,50	40,63	43,75	46,88	50,00	53,13	56,25	59,38	62,50
Gebäudeinhalt (Evaluation einzelner Stockwerke)																				
Privates Inventar	30	42,43	51,96	60,00	67,08	73,48	79,37	84,85	90,00	95,00										
Ausrüstungsvermögen Dienstleistung + Verwaltung	33,5	45,31	54,36	62,00	68,73	74,81	80,40	85,61	90,50	95,00	95,00	95,00								
Ausrüstungsvermögen Produktionsgewerbe (Hallenbauweise)	8,5	12,00	15,50	19,00	22,50	26,00	29,50	33,00	36,50	40,00	43,50	47,00	50,50	54,00	57,50	60,00				
Ausrüstungsvermögen Produktionsgewerbe (Geschossbauweise)	9,59	14,17	18,76	23,34	27,93	32,51	37,10	41,68	46,27	50,85	55,44	60,00								
Vorratsvermögen (Hallenbauweise)	13,00	21,00	29,00	37,00	45,00	53,00	61,00	69,00	77,00	85,00	93,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00				
Vorratsvermögen (Geschossbauweise)	14,50	24,00	33,50	43,00	52,50	62,00	71,50	81,00	90,50	100,00	100,00	100,00								
Sonstige																				
PKW	0	25,00	27,19	38,13	49,06	60,00	60,00	60,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Nutzfahrzeuge	0	0,00	0,00	25,00	25,00	30,00	42,50	55,00	60,00	60,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Windkraftanlagen	0,575	1,15	1,73	2,30	2,88	3,45	4,03	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60

Mögliche land- und forstwirtschaftliche Schäden werden durch Expertenbefragungen ermittelt. Auf die Verwendung von Wasserstand-Schadensfunktionen wird verzichtet, da die Überflutungsdauer als maßgeblicher angesehen wird als der Wasserstand. Ähnlich verhält es sich für die Schäden an Personen (pauschale Evakuierungskosten pro Person angenommen) und Wertschöpfungsverlusten (Produktionsausfall ab 50cm Überflutung).

Dissertation Meyer

Die Dissertation Methoden der Sturmflut-Schadenspotenzialanalyse an der deutschen Nordseeküste (Meyer, 2005) bietet einen guten Überblick über Definition und die Theorie von Schadenspotenzialschätzungen.

Es finden sich insbesondere Informationen zur Wertermittlung von relevanten Vermögenbeständen und deren räumlicher Verortung.

Bezüglich Schadensfunktionen bietet die Arbeit einen umfassenden Literaturüberblick, eigene Schadensfunktionen werden aber nicht aufgestellt. Der Abschnitt 2.4.2 liefert außerdem methodische Hinweise (absolute vs. relative Schadensfunktionen) für mögliche Anwender.

Der Hauptteil der Dissertation beschäftigt sich dann mit der konkreten Schadenspotentialanalyse von Modellgebieten an der Nordsee.

Hochwasserschutzkonzept für die Stadt Braunschweig

Aufgrund von Überflutungen durch Starkregenereignisse in Braunschweig wurde eine Studie in Auftrag gegeben um ein verbessertes Hochwasserschutzkonzept für die Stadt zu entwickeln (Fugro Consult GmbH, 2014). Für das Projekt Stuck sind die Aspekte Schadenspotentiale und Schadensfunktionen besonders relevant, sodass bei der Analyse hier der Fokus liegt. Daher ist Kapitel

6.2.3 „Risikoabschätzung“ des Hochwasserschutzkonzepts die entscheidende Informationsquelle für diesen Meilenstein.

Die vorgeschlagene Schadenspotentialberechnung basiert ähnlich zum oben beschriebenen Vorgehen im Hochwasserschutzplan Emscher auf relativen Wasserstand-Schadensfunktionen in Kombination mit spezifischen Vermögenswerten. Die räumliche Verortung basiert wie in vergleichbaren Studien auf der Art der Nutzung von Flächenstücken. Sowohl für die Vermögenswerte (Tabelle 3) als auch die relativen Schadensfunktionen (Tabelle 4) wird zwischen acht Nutzungstypen (Siedlungsfläche, Industrie-/Gewerbefläche, Verkehrsfläche, Grün-/Sport-/Freizeitfläche, Acker-/Gartenflächen, Grünland und Wald-/Forstflächen) unterschieden. Die betrachteten Vermögenswerte auf diesen Flächen umfassen immobiles, mobiles und PKW-Vermögen.

Tabelle 3: Nutzungsspezifische Vermögenswerte (€/m²)

Nr.	Nutzungsklassen	IMMOBIL	MOBIL	PKW
1	Siedlungsflächen	259	42	13,6
2	Industrie- und Gewerbeflächen	207	72	
3	Verkehrsflächen	200	2	
4	Grün-, Sport-, Freizeitflächen	0	0,2	
5	Acker-, Garten-, Weinbau	0	0,4	
6	Grünland	0	0,2	
7	Wald- und Forstflächen	0	1	
8	Sonstige	0	0	

Quelle: Fugro Consult GmbH (2014), S. 59

Tabelle 4: Landnutzungsspezifische Schadensfunktionen für 3 Vermögenskategorien

Schadensfunktionstyp	Schadensfunktion		
	Immobil	Mobil	PKW
Siedlungsflächen	$Y=2 \cdot x^2 + 2x$; max $Y=100$	$Y=11.4 \cdot x + 12,625$	$Y=16x-4$; für $x < 0,25m$: $Y=0$; für $x > 1,5m$: $Y=20$
Industrie- und Gewerbeflächen	$Y=2 \cdot x^2 + 2x$; max $Y=100$	$Y=7x+5$	$Y=0$
Verkehrsflächen	$Y=10x$; für $x > 1$: $Y=10$	$Y=10x$; für $x > 1$: $Y=10$	$Y=0$ $Y=0$
Grün-, Sport-, Freizeitflächen	$Y=0$	$Y=10$	$Y=0$
Acker-, Garten-, Weinbau	$Y=0$	$Y=50$	$Y=0$
Grünland	$Y=0$	$Y=10$	$Y=0$
Wald- und Forstflächen	$Y=0$	$Y=5x$ für $x > 1$: $Y=5$	$Y=0$
Sonstige	$Y=0$	$Y=0$	$Y=0$

Quelle: Fugro Consult GmbH (2014), S. 60.

Bezüglich der Vermögenswerte ist anzumerken, dass die in der Studie verwendet Werte nicht berechnet wurden, sondern vom Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie übernommen wurden.

3.2 Datenqualität

Die Bewertung der Datenqualität hängt naturgemäß davon ab, zu welchem Zweck die Daten benötigt werden. Wie eingangs beschrieben ist die Bewertung von Hochwassermanagementmaßnahmen, konkret also die Quantifizierung von vermiedenen Schäden, das wichtigste Ziel des Arbeitspakets 6.3.

Besonderheit im Projekt Stuck ist, dass es sich bei den betrachteten Gewässern um (kleinere) urbane Fließgewässer handelt. Unter den damit verbundenen Anforderungen findet die folgende Bewertung statt.

Die in Abschnitt 3.1 diskutierte Literatur zeigt, dass in so gut wie allen Ansätzen eine Verortung von Schäden über Flächennutzungsdaten erfolgt. Für die Modellgebiete im Projekt Stuck liegen diese Flächennutzungsdaten ebenfalls vor. Einige Ansätze (z.B. Reese et al., 2003) definieren (zusätzliche) Schadensfunktionen für Gebäude in abhängig der Gebäudeeigenschaften (Anzahl Geschosse, Keller). Detaillierte Gebäudedaten aus dem Projektgebiet liegen allerdings nicht vor, sodass gebäudespezifische Schadensfunktionen nicht zum Einsatz kommen.

Über Flächen und Gebäude hinaus werden in der Literatur als relevante Schadenskategorien vor allem Produktionsausfälle und Personenschäden betrachtet. Allerdings gestaltet sich deren Berechnung in der Praxis oft schwierig, sodass diese in Studien häufig nicht mit einbezogen werden (vgl. (Emschergerossenschaft/Hydrotec, 2004, Seite 2). Im Projekt Stuck sind durch Überflutungen an den betrachteten urbanen Gewässern auch für seltene Niederschlagsereignisse und unter Berücksichtigung des Klimawandels weder Personenschäden noch nennenswerte Beeinträchtigungen von Produktionsprozessen zu erwarten, sodass diese Kategorien auch in Kosten-Nutzen Rechnungen weniger relevant sind.

Schlussendlich ergab die Literaturlauswertung, dass die Verwendung von relativen Schadensfunktionen (nach Flächennutzung und Vermögenskategorie) in Kombination mit nutzungsspezifischen Vermögenswerten wie in Fugro Consult GmbH (2014) am sinnvollsten erscheint. Details zum Vorgehen im Projekt Stuck sind im 2. Verbundbericht (im Erscheinen) dargelegt. Zusammengefasst lässt sich sagen, dass der verwendete Ansatz es generell ermöglicht, Schadenspotentiale ohne großen Datenbedarf zu berechnen, im Wesentlichen werden nur Flächennutzungsdaten (und die physikalischen Überflutungs-Simulationen) benötigt. Diese Methode ist insbesondere dann empfehlenswert, wenn Personenschäden und indirekte Schäden (Produktionsausfälle) eine geringe Rolle spielen und es somit ausreicht, Schäden an immobilien (Gebäuden) und mobilen (Inventar, Kfz) Vermögenswerten zu betrachten. Durch die Verwendung von relativen (statt absoluten) Schadensfunktionen ist eine Übertragung der Methodik leicht möglich. Lediglich für die nutzungsspezifischen Vermögenswerte müssen ggf. zeitliche und/oder örtliche Anpassungen vorgenommen werden.

4. Ausblick

Zu den nächsten Schritten im Rahmen von Arbeitspaket 6.2 gehört die finale Auswahl der zu bewertenden ÖSL. Diese wird im erheblichen Maße auch von der zuvor beschriebenen Datenverfügbarkeit bestimmt. Danach werden alle erfassten ÖSL mit Hilfe der Nutzentransfer-Methode bewertet.

Im AP6.3 (Risikobetrachtung) steht zunächst noch die Übertragung der nutzungsspezifischen Vermögenswerte an. Durch Korrekturfaktoren werden die für Sachsen 2005 angegebenen Vermögenswerte auf den aktuellen Stand in Hamburg gebracht. Außerdem soll die „klassische“ Risikobetrachtung mit der Bewertung von Ökosystemdienstleistungen kombiniert werden. Das

weitere Vorgehen in diesem Punkt hängt von der Menge und Qualität der Informationen über (physikalische) ÖSL unter den verschiedenen in Stuck betrachteten Szenarien aus AP4 ab.

Literatur

Bateman, I.J., Brouwer, R., Ferrini, S., Schaafsma, M., 2009. Making benefit transfers work: Deriving and testing principles for value transfers for similar and dissimilar sites using a case study of the non-market benefits of water quality improvements across Europe. CSEGRE, Norwich, 76 pp.

Born, W.; MEYER, V.; SCHOLZ, M.; KASPERIDUS, H. D.; MEHL, D.; SCHULZ-ZUNKEL, C.; HANSJÜRGENS, B. (2012): Ökonomische Bewertung von Ökosystemfunktionen in Flussauen. In: M. SCHOLZ, D. MEHL, C. SCHULZ-ZUNKEL, H. D. KASPERIDUS, W. Born und K. Henle (Hg.): Ökosystemfunktionen von Flussauen. Analyse und Bewertung von Hochwasserretention, Nährstoffrückhalt, Kohlenstoffvorrat, Treibhaus-gasemissionen und Habitatfunktion. Münster: Landwirtschaftsverlag (Naturschutz und Biologische Vielfalt, 124), S. 147–168.

Delft (2011): External Costs of Transport in Europe. Update Study for 2008. Unter Mitarbeit von Huib van Essen, Arno Schrotten, Matthijs Otten, Daniel Sutter, Christoph Schreyer, Remo Zandonella et al. Hg. v. CE Delft, IFRAS und Fraunhofer ISI. Online verfügbar unter http://ecocalc-test.ecotransit.org/CE_Delft_4215_External_Costs_of_Transport_in_Europe_def.pdf, zuletzt geprüft am 04.04.2017.

Emschergenossenschaft/Hydrotec (2004): Hochwasser-Aktionsplan Emscher, Anlage 5: Methodik der Schadensermittlung.

EPA (2000): Guidelines for Preparing Economic Analyses. U.S. Environmental Protection Agency.

Figuerroa, E., Pasten, R., 2010. Improving Benefit Transfer for Wetland Valuation: Income Adjustment and Economic Values of Ecosystem Goods and Services.

Fugro Consult GmbH (2014): Hochwasserschutzkonzept für die Stadt Braunschweig - Stufe 1: Vorstudie, Fugro Consult GmbH im Auftrag des Wasserverbands Mittlere Oker.

Johnston, R.J., Rolfe, J., Rosenberger, R.S., Brouwer, R. (Eds.), 2015a. Benefit transfer of environmental and resource values: A guide for researchers and practitioners, 582 pp.

Johnston, R.J., Rolfe, J., Rosenberger, R.S., Brouwer, R., 2015b. Introduction to Benefit Transfer Methods, in: Johnston, R.J., Rolfe, J., Rosenberger, R.S., Brouwer, R. (Eds.), Benefit transfer of environmental and resource values. A guide for researchers and practitioners, pp. 19–60.

Johnston, R.J., Rosenberger, R.S., Rolfe, J., Brouwer, R., 2015c. Benefit Transfer: The Present State and Future Prospects, in: Johnston, R.J., Rolfe, J., Rosenberger, R.S., Brouwer, R. (Eds.), Benefit transfer of environmental and resource values. A guide for researchers and practitioners, pp. 553–574.

Kauffmann, Gerlad J. (2016): Economic Value of Nature and Ecosystems in the Delaware River Basin. In: University Council on Water Resources (Hg.): Journal of Contemporary Water Research and Education (158), S. 98–119.

Kowarik, Ingo; Bartz, Robert; Brenck, Miriam (Hg.) (2016): Ökosystemleistungen in der Stadt. Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen.

Loomis, J.B., Rosenberger, R.S., 2006. Reducing barriers in future benefit transfers: Needed improvements in primary study design and reporting. Ecological Economics 60 (2), 343–350. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.05.006>.

McPherson, E. Gregory; Nowak, David; Heisler, Gordon; Grimmond, Sue; Souch, Catherine; Grant, Rich; Rowntree, Rowan (1997): Quantifying urban forest structure, function, and value. the Chicago Urban Forest Climate Project. In: *Urban Ecosystems* 1 (1), S. 49–61. DOI: 10.1023/A:1014350822458.

Meyer, V. (2005): Methoden der Sturmflut-Schadenspotenzialanalyse an der deutschen Nordseeküste, Dissertation, Universität Hannover.

Mayerhoff, J., 2010. Die Übertragung von Nutzeninformationen auf andere Orte: Benefit Transfer als praktikables Instrument in der Naturschutzpraxis, 2010.

Nowak, David J. (2010a): Assessing urban forest effects and values. Newtown Square, PA: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station (Resource bulletin NRS, 37).

Nowak, David J. (2010b): Assessing urban forest effects and values. Chicago's urban Forest. Newtown Square, PA: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station (Resource bulletin NRS, 37).

Reese, S.; Markau, H.-J. und Sterr, H. (2003): MERK - Mikroskalige Evaluation der Risiken in überflutungsgefährdeten Küstenniederungen, Abschlussbericht, im Auftrag Ministerium für ländliche Räume, Landesplanung, Landwirtschaft und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein.

Rosenberger, R.S., Stanley, T.D., 2006. Measurement, generalization, and publication: Sources of error in benefit transfers and their management. *Ecological Economics* 60 (2), 372–378. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.03.018>.

Späh, Moritz; Weber, Lutz; Oesterreicher, Timo; Liebl, Andreas (2011): Schallschutzpflanzen. Optimierung der Abschirmwirkung von Hecken und Gehölzen. Fraunhofer Institut für Bauphysik IBP. Stuttgart (IBP-Bericht B-BA 4/2010). Online verfügbar unter <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/103970/bwu27009.pdf?command=downloadContent&filename=bwu27009.pdf&FIS=203>, zuletzt geprüft am 27.03.2017.

van der Ploeg, S., Groot, R.S. de. The TEEB Valuation Database: A searchable database of 1310 estimates of monetary values of ecosystem services, Wageningen, The Netherlands.