

BRESILIENT

KLIMAFOLGEN KENNEN UND
VORBEREITUNGEN TREFFEN

Regionalökonomische Effekte durch Klimaanpassungs- Maßnahmen in Bremen

Ergebnisse einer Input-Output-Analyse ausgewählter
Schlüsselmaßnahmen der Bremer Anpassungsstrategie

Dr. Steven Salecki,
Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), Berlin
April 2023

Verbundleitung:

Die Senatorin für Klimaschutz,
Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung
und Wohnungsbau



Verbundpartner:



GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Finanziert von der
Europäischen Union
NextGenerationEU

Inhalt

1. Zusammenfassung.....	3
2. Einführung.....	6
3. Bewertete Anpassungsmaßnahmen und Umsetzungsszenarien.....	7
3.1. Auswahl von Schlüsselmaßnahmen der Bremer Anpassungsstrategie	7
3.2. Oberflächenumgestaltung bei Kanalerneuerungsprojekten (HB 2).....	8
Spezifische Maßnahmenkosten	9
Umsetzungsumfang der Maßnahme	10
Jährliche Kosten der Oberflächenumgestaltung und Grünflächenpflege.....	10
Beteiligte Wirtschaftszweige.....	12
3.3. Dachflächen- und Freiflächenbegrünung (HB 5)	13
Spezifische Maßnahmenkosten	14
Umsetzungsumfang der Maßnahme	14
Jährliche Kosten der Anpflanzung und Grünflächenpflege.....	16
Beteiligte Wirtschaftszweige.....	17
3.4. Straßenbäume (HB 6)	18
Spezifische Maßnahmenkosten	19
Umsetzungsumfang der Maßnahme	19
Jährliche Kosten der Anpflanzung und Baumpflege	20
Beteiligte Wirtschaftszweige.....	20
4. Methodenbeschreibung: Input-Output-Analyse.....	22
4.1. Exkurs: Input-Output-Rechnung.....	22
4.2. Ableitung einer regionalen Input-Output-Tabelle für das Land Bremen	24
4.3. Ergebnisgrößen	24
5. Ergebnisse der Modellrechnungen	26
6. Fazit zu regionalökonomischen Effekten grüner Klimaanpassungsmaßnahmen in Bremen.....	38
7. Literaturverzeichnis.....	40

1. Zusammenfassung

Im Projekt BRESilient hat das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) an der Konkretisierung und Priorisierung von Klimaanpassungsmaßnahmen mitgewirkt. In einer Workshopreihe mit Verwaltungs- und Praxisakteuren wurden relevante Begrünungsmaßnahmen für weitere Analysen ausgewählt und potenzielle Umsetzungsumfänge bis zum Jahr 2030 erarbeitet. Diese Umsetzungsszenarien wurden daraufhin auf ihre Kosten- und Nutzenwirkungen bis zum Jahr 2050 untersucht. Zusätzlich wurden die erarbeiteten Maßnahmenkosten hinsichtlich ihrer regionalwirtschaftlichen Wirkung für das Land Bremen und das beteiligte Umland bewertet. In der zweiten Projektphase (2021 – 2023) wurden die Maßnahmenkosten aktualisiert, die regionalwirtschaftlichen Interdependenzen präzisiert und die Ergebnisse für die Verwaltungs- und Praxisakteure aufbereitet. Das Vorgehen und die dabei im Fokus stehenden Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte als Ergebnisse werden in diesem Bericht beschrieben.

Für die vier betrachteten Begrünungsmaßnahmen wurden jeweils ein moderates und ein ambitioniertes Umsetzungsszenario bis zum Jahr 2030 für die Stadt Bremen erarbeitet. Die Umsetzungsumfänge dieser Szenarien sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Die Grundlagen und Details der erarbeiteten Szenarien finden sich in den jeweiligen Abschnitten im Kapitel 3. Das moderate Szenario wurde dabei in Anlehnung an die aktuellen Umsetzungswerte oder zumindest an aktuelle umsetzbare Potenziale ausgestaltet. Das ambitionierte Szenario geht dabei deutlich über die moderaten Umsetzungsumfänge hinaus, indem es diese verdoppelt. Damit soll Entscheidungsträger*innen verdeutlicht werden, welche Effekte durch weitergehende Zielsetzungen und Anstrengungen erreichbar sind.

Tabelle 1: Umsetzungsumfänge der Begrünungsmaßnahmen in den Jahren 2020 bis 2030

Maßnahme	Einheit	Umsetzungsumfang 2020 bis 2030 (m ²)	
		moderat	ambitioniert
Straßenbäume	Stk.	700	1.400
Dachbegrünung	m ²	218.300	436.600
Freiflächenbegrünung	m ²	594.800	1.189.600
Oberflächenumgestaltung bei Kanalerneuerungen	m ²	25.500	102.000

Quelle: eigene Annahmen.

Aus diesen Umsetzungsszenarien ergeben sich jährliche Kosten für die jeweiligen Maßnahmen, die wiederum den Input für die regionalwirtschaftliche Input-Output-Modellierung darstellen. Die folgende Tabelle fasst die jährlichen Kosten bzw. Umsätze, die durch die Maßnahmen in den jeweiligen Szenarien ausgelöst werden zusammen. Die Pflanz- bzw. Herstellungskosten entsprechen den jährlich aufzuwendenden Investitionen, um die oben beschriebenen Umsetzungsumfänge bis zum Jahr 2030 zu erreichen. Die Pflegekosten werden hier für ein durchschnittliches Jahr angegeben, also wenn die Hälfte des jeweils avisierten Umsetzungsumfangs erreicht ist. Im Jahr 2030 sind die Pflegekosten daher doppelt so hoch, zzgl. hier noch nicht berücksichtigter Kostensteigerungen bis zum Jahr 2030.

Tabelle 2: Pflanz- bzw. Herstellungs- und Pflegekosten der Maßnahmen, in Euro₂₀₂₂

Maßnahme	jährliche Pflanz- bzw. Herstellungskosten		Pflegekosten in einem durchschnittlichen Jahr	
	moderat	ambitioniert	moderat	ambitioniert
Straßenbäume	335.700 €	671.400 €	30.300 €	60.700 €
Dachbegrünung	1.520.900 €	3.041.800 €	322.400 €	644.800 €
Freiflächenbegrünung	2.624.100 €	5.248.100 €	352.300 €	704.600 €
Oberflächen- umgestaltung bei Kanalerneuerungen	142.600 €	570.600 €	8.400 €	33.600 €
Summe	4.623.300 €	9.531.900 €	713.400 €	1.443.700 €

Quelle: s. jeweilige Abschnitte in Kapitel 3.

Die jährlichen Herstellungskosten sowie die durchschnittlichen Pflegekosten wurden daraufhin als Input für die Wertschöpfungsermittlung genutzt. Bei den Unternehmen, welche die Herstellung und die Grünflächenpflege ausführen, stellen diese Kosten Umsätze dar. In einer Input-Output-Analyse werden sie als Impuls für wirtschaftliche Aktivitäten in den jeweiligen Wirtschaftszweigen genutzt. Die Input-Output-Analyse berücksichtigt weiterhin die Vorleistungsverflechtungen derjenigen Wirtschaftszweige, denen der Impuls zugeordnet wird. So werden in mehreren iterativen Schritten sämtliche Wirtschaftszweige einer Volkswirtschaft in die Analyse einbezogen und dadurch auch Vorleistungen berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Input-Output-Analyse für die moderaten und ambitionierten Umsetzungsszenarien werden in Abbildung 1 zusammengefasst. Eine moderate Steigerung der Grünflächen kann jährlich zu ca. 2,3 Mio. Euro Wertschöpfung in Bremen und dem nahen Umland führen. Mit ca. 50 % entfällt dabei der größere Anteil auf Beschäftigteneinkommen, vor allem in den Wirtschaftszweigen der Bauwirtschaft und des Garten- und Landschaftsbaus. Mit einem Anteil von ca. 45 % an der gesamten Wertschöpfung profitieren auch die Unternehmen selbst in Form von Nach-Steuer-Gewinnen, während auf die kommunalen Steuereinnahmen ca. 125.000 Euro entfallen. Weiterhin wurden ca. 46 Vollzeit Arbeitsplätze als Beschäftigungseffekte ermittelt. Eine ambitionierte Grünflächensteigerung führt zu ca. doppelt so hohen regionalwirtschaftlichen Effekten in Höhe von 4,7 Mio. Euro Wertschöpfung und 95 Vollzeit Arbeitsplätzen. Die Anteile der Wertschöpfungsbestandteile fallen hier ähnlich aus, wie im moderaten Umsetzungsszenario. Im Vergleich der Begrünungsmaßnahmen nimmt die Freiflächenbegrünung mit etwas über 50 % in beiden Szenarien den jeweils größten Anteil an, dicht gefolgt von der teureren Dachflächenbegrünung mit jeweils etwas weniger als 40 %. Die Pflanzung und Pflege von Straßenbäumen sowie die überflutungssensitive Oberflächenumgestaltung bei Kanalsanierung liegen aufgrund der relativ geringen Umsetzungsumfänge bei Anteilen zwischen 3 % und 7 %.

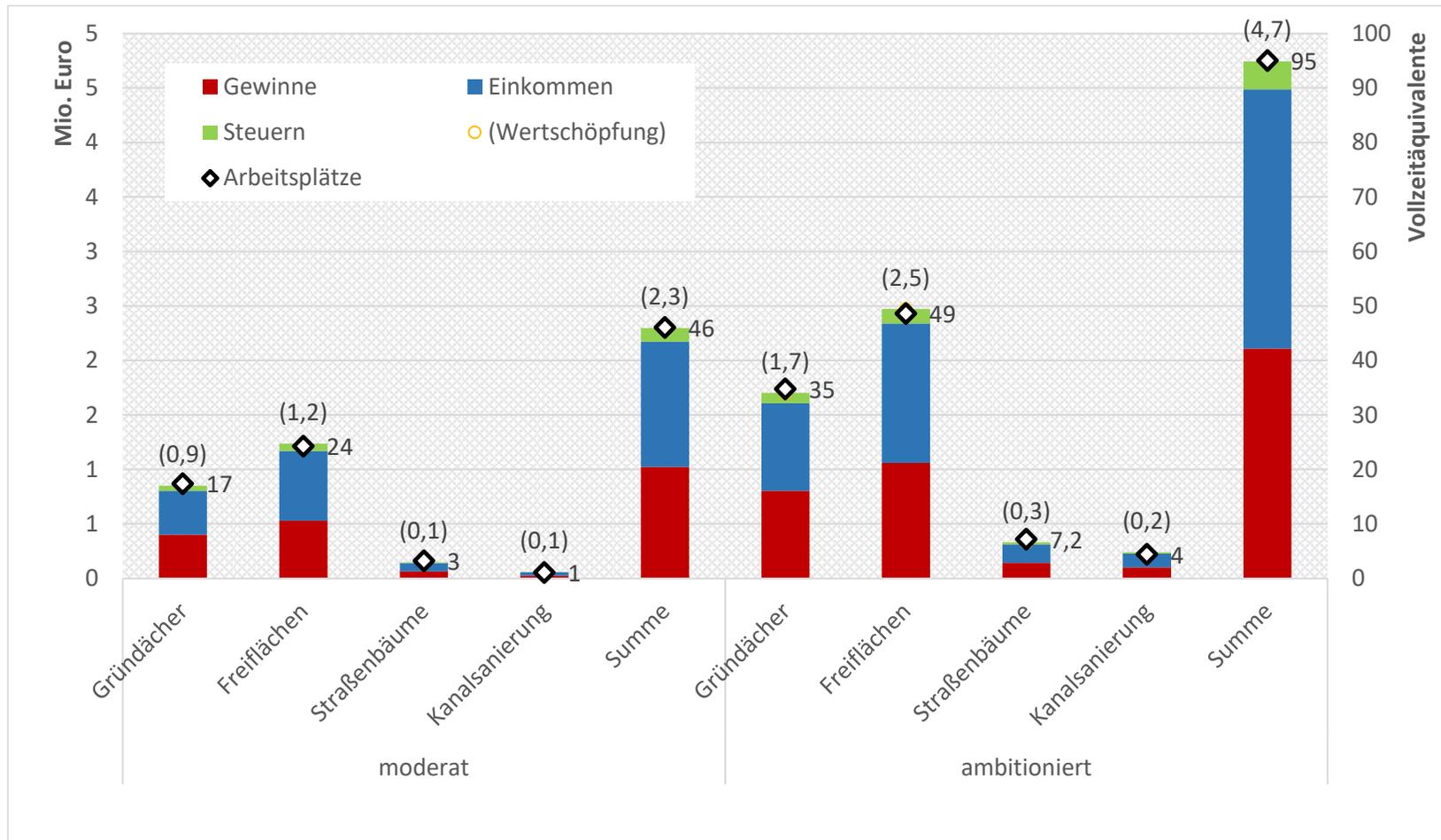


Abbildung 1: Jährliche Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der moderaten und ambitionierten Umsetzungsszenarien nach Maßnahmen und Wertschöpfungsbestandteilen. Summe der Wertschöpfungsbestandteile je Maßnahme in Klammern. Arbeitsplätze als Vollzeitäquivalente jeweils rechts neben der Markierung. Quelle: eigene Darstellung.

2. Einführung

Als Großstädte in einer Küstenregion sind auch die Stadtgebiete Bremen und Bremerhaven im Land Bremen vom Klimawandel betroffen. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, hat das Land eine Klimaanpassungsstrategie (KAS) entwickelt (Senator für Umwelt, Bau und Verkehr 2018). Darin werden für Bremen und Bremerhaven Schlüsselmaßnahmen mit verschiedenen Zielsetzungen vorgestellt, die weiterentwickelt und umgesetzt werden sollen. Das Projekt BREsilient soll unter anderem dazu beitragen, die Maßnahmen zu konkretisieren und zu priorisieren. Eine Konkretisierung ist notwendig, da die Maßnahmen in der Klimaanpassungsstrategie noch nicht hinreichend genau ausgearbeitet worden sind.¹ Nur durch eine genauere Ausgestaltung ist die Abschätzung der abgezielten Wirkungen und der ökonomischen Effekte möglich. Zugleich braucht es eine Priorisierung, um angesichts personell und finanziell begrenzter Ressourcen zielgerichtet und effizient handeln zu können.

Im Arbeitspaket 1.1 „Abschätzung regionalökonomischer Effekte der Klimaanpassung“ sollen regionalwirtschaftliche Effekte in Form von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten durch ausgewählte Schlüsselmaßnahmen modellbasiert ermittelt werden. Neben den Ergebnissen der „beteiligungorientierten Kosten-Nutzen-Analyse“ aus dem AP 1.2, die als Zielgröße gesamtwirtschaftliche Effekte abbilden, werden hier regionalökonomische Effekte ermittelt, die für politische Akteure ebenso entscheidungsrelevant sind. Als Basis der regionalen Wirtschaftskraft und des Wirtschaftswachstums stehen Wertschöpfung und Beschäftigung im Fokus vieler politischer Entscheidungen. An dieser Stelle sei betont, dass regionalwirtschaftliche Kennzahlen neben Aspekten der Schadensabwehr oder –Minderung als ergänzendes Entscheidungskriterium für Zielsetzungen der Nachhaltigkeit, Klimaschutz und -Anpassung herangezogen werden sollten. Sie vervollständigen mit Blick auf knappe Ressourcen zur Umsetzung relevanter Maßnahmen allerdings das Bild der Handlungsmöglichkeiten.

Im AP 1.1. werden mit dieser Zielsetzung mehrere Teilaufgaben verfolgt. Zuerst werden die Kosten für die ausgewählten Anpassungsmaßnahmen abgeschätzt. Dafür wird in Zusammenarbeit mit Projektpartner*innen und weiteren Expert*innen aus der Bremer Stadtverwaltung, der Forschung und der Wirtschaft auf Forschungsergebnisse und Praxiserfahrungen zurückgegriffen und eine zielgerichtete Aufbereitung der zusammengetragenen Daten vorgenommen. Weiterhin werden die zusammengetragenen Kostensätze auf den im Projekt erarbeiteten Umfang der Anpassungsmaßnahmen in zwei Szenarien hochgerechnet und in Absprache mit der Stadtverwaltung und Praxisakteuren auf einen Umsetzungszeitraum von 10 Jahren verteilt. Diese Kosten der Maßnahmenumsetzungen dienen dann als Eingangsdaten für eine Input-Output-Analyse. Zum Einsatz kommt ein am IÖW entwickeltes Input-Output-Modell, das unter Einsatz eines derivativen Verfahrens mit einer regionalisierten Input-Output-Tabelle (IOT) spezifische Lieferverflechtungen im Bundesland Bremen abbilden kann. Damit werden Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte für 63 Wirtschaftszweige ermittelt, die durch den zusätzlichen Nachfrageimpuls der Klimaanpassungsmaßnahmen ausgelöst werden. Zusätzlich werden qualitative Aussagen zu Verteilungseffekten abgeleitet, wie bspw. zu den betroffenen Berufsgruppen, Einkommensklassen und zum Arbeitskräftebedarf.

In den folgenden Kapiteln werden die ausgewählten Schlüsselmaßnahmen beschrieben, die bewertet wurden, die Input-Output-Rechnung beschrieben und die Berechnungsergebnisse präsentiert.

¹ Mittlerweile liegen ein Gründachkataster (Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau 2023) und ein Handlungskonzept Stadtbäume (Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau 2023) vor.

3. Bewertete Anpassungsmaßnahmen und Umsetzungsszenarien

3.1. Auswahl von Schlüsselmaßnahmen der Bremer Anpassungsstrategie

Im AP 1 des Projektes BREsilient wurde eine Veranstaltungsreihe mit insgesamt fünf Workshops konzipiert und umgesetzt. Im ersten Workshop am 12.06.2018 wurde gemeinsam mit Verwaltungs- und Praxisakteuren eine Vorauswahl von Schlüsselmaßnahmen vorgenommen, die im weiteren Verlauf bezüglich ihrer Ausgestaltung und des Umsetzungsumfangs konkretisiert und ökonomisch bewertet werden sollen. Anhand eines Kriterienkatalogs, der sowohl die Bedeutung der Maßnahmen für die Zielsetzung der Klimaanpassungsstrategie als auch die Erfassbarkeit ökonomischer Effekte und eine ausreichende Datenverfügbarkeit beinhaltete, wurden die folgenden drei Schlüsselmaßnahmen für die weitere Betrachtung ausgewählt²:

- Umsetzung von Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge bei Kanalerneuerungsprojekten (HB 2),
- Strategie zur Dach- und Freiflächenbegrünung insbesondere bei der Innenentwicklung (HB 5),
- Handlungskonzept Stadtbäume (HB 6).

Es handelt sich bei diesen drei Maßnahmen um Bau- bzw. Begrünungsmaßnahmen, mit denen unter anderem temporäre Rückhalteräume zur Überflutungsvorsorge bei Starkregenereignissen geschaffen werden sollen. Vor allem die Begrünungsmaßnahmen können aber auch weitere Effekte, wie die Kühlung des Stadtklimas, Luftreinigung und ästhetische Verbesserung des Stadtbildes mit sich bringen. Zugleich sind dies diejenigen Maßnahmen aus der Klimaanpassungsstrategie, die mit einem messbaren und signifikanten Investitionsbedarf einhergehen und daher erst regionalwirtschaftliche Effekte auslösen können. Dabei wurde die Maßnahme HB 2 auf die Umgestaltung der Oberflächen zum Abschluss von Kanalerneuerungsprojekten begrenzt, wie es auch in der KAS u.a. als Alternative zur Berücksichtigung der hydraulischen Anforderungen im Kanalnetz vorgesehen ist. Bauliche Veränderungen am Kanalnetz wurden trotz des potenziell hohen Investitionsbedarfes und der Überflutungsschutzeffekte als relevante Kriterien zur Maßnahmenauswahl von der regionalökonomischen Bewertung ausgeschlossen. Es fehlte hier an verfügbaren Daten zur genauen Ausgestaltung, zu den Maßnahmenumfängen und den Kosten, die für eine Bewertung unabdinglich sind. Die Oberflächenumgestaltung durch das Anlegen von Regenrückhalte- und Versickerungsflächen dagegen kann gut beschrieben und bewertet werden.

In einem weiteren Workshop am 22.10.2018 wurden die ausgewählten Maßnahmen in ihrer Ausgestaltung konkretisiert und ein möglicher Umsetzungsumfang abgeschätzt.³ Dabei waren die Erfahrungen aus der Bremer Stadtverwaltung besonders wertvoll und konnten zu einem realistischen und praxisnahen Ergebnis beitragen. Mit Blick auf den Umsetzungsumfang der einzelnen Schlüsselmaßnahmen wurden jeweils ein moderates und ein ambitioniertes Szenario erarbeitet, welche folgende Bedingungen erfüllen:

Moderates Szenario: Das moderate Szenario umfasst bei jeder Maßnahme einen Umfang, der im Rahmen der Umsetzung der Klimaanpassungsstrategie als sinnvoll und sehr wahrscheinlich realisierbar angesehen wird.

² Dabei steht „HB“ für Hansestadt Bremen und bezeichnet Maßnahmen für das bremische Stadtgebiet in Abgrenzung zum Stadtgebiet Bremerhaven. Die Nummerierung der Maßnahmen entstammt der Klimaanpassungsstrategie und stellt an dieser Stelle keine Priorisierung oder Bewertung dar.

³ Im dritten Workshop am 20.05.2019 wurden Umsetzungsumfänge auf Basis erster Berechnungen konkretisiert und ein möglicher Zeithorizont für die Umsetzung. Im vierten Workshop am 22.10.2019 wurden die Maßnahmen der Überflutungsvorsorge konkretisiert. Im fünften Workshop am 07.07.2020 wurden die finalen Ergebnisse vorgestellt und ihre Nutzbarkeit für die bremische Verwaltung diskutiert.

Ambitioniertes Szenario: Das ambitionierte Szenario umfasst bei jeder Maßnahme einen Umfang, der gegenüber dem moderaten Szenario deutlich ambitionierter ist und eine darüber hinaus gehende Erschließung der Potenziale im betrachteten Maßnahmenbereich zugrunde legt.

Für die Umsetzung der Maßnahmen wird ein Zeithorizont von 10 Jahren zugrunde gelegt, d.h. die in den moderaten und ambitionierten Szenarien festgelegten Maßnahmenumfänge sollen bis zum Jahr 2030 umgesetzt sein. Dies ist vor allem für die Investitionskosten relevant und erlaubt unter der Annahme einer Gleichverteilung der Umsetzung über diesen Zeitraum die Ableitung eines jährlichen Umsetzungsumfanges und Investitionsbedarfs. In der zweiten Projektphase wurden die Umsetzungsumfänge mit Verwaltungsakteuren der Fachressorts erneut validiert. Dabei wurde jedoch lediglich der potenzielle Umsetzungsumfang für Straßenbäume aus Basis aktueller Erfahrungswerte herabgesetzt.

In den folgenden Kapiteln werden die Schlüsselmaßnahmen beschrieben, sowie die zusammengetragenen Kostensätze und die festgelegten Maßnahmenumfänge vorgestellt. Weiterhin werden mit diesen Datengrundlagen die jährlichen Investitions- und Grünflächenpflegekosten hochgerechnet. Diese Kosten fließen als Umsätze derjenigen Unternehmen, welche die Maßnahmen umsetzen, in die Input-Output-Rechnung ein. Zu diesem Zweck wird für jede Maßnahme eine Verteilung der Kosten auf die relevanten Wirtschaftszweige vorgenommen, denen die entsprechenden Unternehmen zuzuordnen sind.

3.2. Oberflächenumgestaltung bei Kanalerneuerungsprojekten (HB 2)

Bei der Schlüsselmaßnahme HB 2 „Umsetzung von Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge bei Kanalerneuerungsprojekten“ steht grundsätzlich die Berücksichtigung besonderer hydraulischer Anforderungen an Kanalerneuerungsprojekte in Gebieten mit klimawandelbedingt höheren Überflutungsgefahren im Fokus. Daneben bzw. als Alternative umfasst die Maßnahme aber auch die Umgestaltung von Verkehrs- und Freiflächen als temporäre Rückhalteräume bei Starkregen und auch die Umgestaltung von Oberflächen bei der Wiederherstellung der Straßendecke im Zuge von Kanalsanierungen. Da der Umfang zusätzlicher baulicher Maßnahmen bei der Kanalerneuerung zur besonderen Überflutungsvorsorge, aber auch die konkrete Ausgestaltung dieser baulichen Maßnahmen ohne eine exakte Identifikation der Anpassungsbedarfe nicht bzw. nicht ausreichend detailliert beschrieben werden kann, beschränkt sich die regionalökonomische Bewertung der Schlüsselmaßnahme HB 2 auf die Oberflächenumgestaltung bei der Wiederherstellung der Straßendecke im Zuge von Kanalsanierungen. Damit kann ein signifikanter Beitrag zur Starkregenvorsorge und zur Begrünung öffentlicher Flächen geleistet werden, so dass diese Eingrenzung dennoch zu entscheidungsrelevanten Ergebnissen führen kann.

Die Oberflächenumgestaltung zielt ab auf einen temporären Rückhalt von Regenwasser durch die Versickerungs- und Verdunstungsleistungen der entsiegelten und begrünten Flächen und somit auch auf eine Verminderung der mit Starkregenereignissen verbundenen Schäden. Das Kanalnetz kann entlastet und so auch Einsparungen bei ansonsten notwendigen Entwässerungseinrichtungen erreicht werden.

Konkret werden drei Oberflächengestaltungsvarianten bewertet:

1. Versickerungsflächen im Randbereich von Verkehrsflächen (Tiefbeete mit Rigolen),
2. Wasserdurchlässige Abschlusschichten in Geh- und Radwegbereichen (Asphalt),
3. Wasserdurchlässiges Pflaster und Rigolen in Stellplatzbereichen (Rasengittersteine).

Das Anlegen von Tiefbeeten mit Rigolen im Randbereich der Verkehrsflächen soll ansonsten ungenutzte einfache Grünflächen ohne besondere Regenwasserrückhaltefunktion ersetzen. Die eigentlichen Verkehrsflächen, wie Straßen, Gehwege oder Stellplätze werden hiervon nicht berührt.

In Geh- und Radwegbereichen können die oberen Abschlusschichten der Oberfläche mit wasser-durchlässigem Pflaster bzw. Asphalt ausgestaltet werden. Die Versickerungsleistung solcher Ab-schlusschichten direkt bei Verkehrsflächen kann genutzt werden, wenn es im Seitenraum nur unge-nügende Versickerungspotenziale gibt und die Bauwerke der zentralen Regenwasserrückhaltung für außergewöhnliche Niederschlagsereignisse nicht oder nicht ausreichend umgerüstet werden können. Da die Belastungen solcher Abschlusschichten durch Schub- und Torsionskräfte eingeschränkt sind, eignen sich besonders Geh- und Radwege für diese Form der Umgestaltung (Benden und Broesi 2015, S.20, Tab.3).

Auch Stellplatzbereiche können mit wasserdurchlässigen Oberflächen zu einer Erhöhung der Versi-ckerungs- und Rückhalteleistung im Straßenbereich beitragen. Da hier höhere Belastungen als bei Geh- und Radwegen zu erwarten sind, kommt wasserdurchlässiger Asphalt hier nicht zum Einsatz. Rasengittersteine dagegen sind für Kfz-Stellplätze geeignet und können zudem auch begrünt werden (Benden und Broesi 2015, S.22).

Spezifische Maßnahmenkosten

Die flächenspezifischen Investitionskosten der oben beschriebenen Oberflächengestaltungsvarianten werden mehreren Quellen entnommen. Um ein Bild über die Bandbreite des möglichen Kostenni-veaus zu erhalten, werden hier Minimal- und Maximalwerte angegeben. Die Hochrechnung der Kos-ten erfolgt dann durch Verwendung der entsprechenden Mittelwerte. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die zusammengetragenen Kosten. Die Investitionskosten wurden vom Datenjahr der jeweiligen Quelle mit dem Baukostenindex (Statistisches Bundesamt 2023, 2015=100%, 2005=79,5%) auf das Preisniveau 2022 fortgeschrieben. Die Pflegekosten wurden unter Annahme einer Preisentwicklung von 2 % p.a. auf das Preisniveau 2022 fortgeschrieben.

Tabelle 3: Flächenspezifische Investitions- und Pflegekosten für die Oberflächenumgestaltung bei Kanalerneuerungsprojekte

Maßnahme der wassersensiblen Oberflä-chenumgestaltung	Investitionskosten (Euro ₂₀₂₂ /m ²)		Pflegekosten (Euro ₂₀₂₂ /m ²)	
	Min	Max	Min	Max
Tiefbeete mit Rigolen	7,64	38,18	0,54	1,07
Wasserdurchlässige Abschlusschichten in Geh- und Radwegbereichen (Asphalt)	61,08	83,99	-	-
Wasserdurchlässiges Pflaster und Rigolen in Stellplatzbereichen (Rasengittersteine)	57,62	54,12	0,94	2,34

Quelle: Benden und Broesi (2015, S.23), Bayrisches Landesamt für Wasserwirtschaft (2005, S.16), F:DATA GmbH (2019) und Eschenbruch (2012), fortgeschrieben mit dem Baupreisindex für November 2022 aus Statistisches Bundesamt (2023, S.16).

Tiefbeete stellen dabei die gegenüber wasserdurchlässigem Asphalt auf Geh- und Radwegen und Ra-sengittersteinen auf Stellplätzen die deutlich günstigere Maßnahme dar. Für wasserdurchlässigen As-phalt wurden keine Pflegekosten angenommen, da hier keine Begrünung stattfindet, die gepflegt werden müsste. Die Mehrkosten für Instandhaltungen gegenüber üblichen Asphaltbelägen konnten nicht ermittelt werden. Je nach Belastbarkeit und Lebensdauer fallen hier also ggf. Mehrkosten an.

Umsetzungsumfang der Maßnahme

Das Straßennetz der Stadt Bremen umfasst etwa 1.400 km. Daneben gibt es ein Tramnetz von ca. 100 km Länge. Die Gesamtlänge des Kanalnetzes liegt bei 2.300 km, wozu 1.000 km öffentliche Anschlusskanäle bzw. 6.000 km private Abwasserleitungen hinzugerechnet werden. Die gesamte kanalisierte Fläche beträgt etwa 10.000 ha, wobei 6.000 ha auf die Fläche im Trennsystem und etwa 4.000 ha auf die Fläche im Mischsystem entfallen. Das Volumen des zusätzlichen Speichers im Kanalnetz beträgt 170.000 m³. Hinzu kommt eine Kapazität von 100.000 m³ für Regenwasserrückhaltebecken (hanseWasser Bremen GmbH 2019).

Im Rahmen des Experten-Workshops am 22. Oktober 2019 in Bremen wurde diskutiert und festgelegt, den Maßnahmenumfang für das moderate und ambitionierte Szenario nicht direkt in Relation zum Umfang des Straßen- und Kanalnetzes festzulegen, sondern jährlich anstehende Sanierungsarbeiten am Kanalnetz als Bezugsgröße heranzuziehen. Die Umgestaltung von Oberflächen durch Entsiegelung und Bau von Versickerungssystemen als Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge soll damit im Rahmen der Kanalsanierungsarbeiten umgesetzt werden. Ca. 4 km Sanierung pro Jahr wurde als ambitionierter Wert angesehen, ein Wert von 1 km als moderat. Bei einer zugrunde gelegten durchschnittlichen Breite der Baumaßnahmen von 2-3 m ergeben sich die in der Tabelle 4 angeführten Werte.

Tabelle 4: Jährlicher Umsetzungsumfang der Oberflächenumgestaltung bei Kanalerneuerungsprojekten bis 2030

Maßnahme der wassersensiblen Oberflächenumgestaltung	Jährlicher Umsetzungsumfang bis 2030 (m ²)	
	moderat	ambitioniert
Tiefbeete mit Rigolen	300	1.200
Wasserdurchlässige Abschlusschichten in Geh- und Radwegbereichen (Asphalt)	1.350	5.400
Wasserdurchlässiges Pflaster und Rigolen in Stellplatzbereichen (Rasengittersteine)	900	3.600

Quelle: eigene Annahmen.

Dabei wurde angenommen, dass Tiefbeete mit Rigolen auf 10 % der Länge der Kanalsanierungsarbeiten umgesetzt werden können und wasserdurchlässiger Asphalt und Rasengittersteine auf jeweils 45 % der Länge. Da Geh- und Radwege mit einer durchschnittlichen Breite von 3 m angesetzt wurden, ergibt sich hier eine größere Fläche, als bei den Stellplätzen, deren Breite mit 2 m angesetzt wurde. Tiefbeete können nur an geeigneten Stellen im Randbereich von Verkehrswegen angelegt werden, so dass sich hier relativ geringe Flächenwerte für die angenommene jährliche Umsetzung ergeben.

Jährliche Kosten der Oberflächenumgestaltung und Grünflächenpflege

Die zuvor vorgestellten flächenspezifischen Kosten der Oberflächenumgestaltung im Rahmen von Kanalerneuerungsprojekten und die entsprechenden Grünpflegekosten wurden als Bandbreiten mit minimalen und maximalen Werten angegeben. Für die Hochrechnung der jährlichen Kosten für den gesamten Umsetzungsumfang im moderaten und ambitionierten Szenario werden daraus Mittelwerte abgeleitet und mit den im vorhergehenden Abschnitt vorgestellten jährlichen Umsetzungsumfängen multipliziert. Für die jährlichen Pflegekosten der Grünflächen werden 50 % des gesamten Umsetzungsumfangs für die Hochrechnung herangezogen, so dass die durchschnittlichen Pflegekosten in

Bezug auf den gesamten Umsetzungszeitraum bis 2030 abgebildet werden. Natürlich kommen begrünte Flächen über diesen Zeitraum hinzu und damit wachsen auch die jährlichen Pflegekosten für den bereits erreichten Umsetzungsumfang. Entsprechend steigern auch die sich daraus ergebenden regionalwirtschaftlichen Effekte. Darauf wird bei der Ergebnisvorstellung nochmals eingegangen.

Tabelle 11 und Tabelle 12 zeigen die Ergebnisse dieser Kostenhochrechnung auf. Die jährlichen Investitionskosten betragen ein Zehntel der Investitionskosten für den gesamten Umsetzungsumfang im jeweiligen Szenario bei Annahme unveränderter spezifischer Kosten. Die jährlichen Pflegekosten steigen mit dem Umsetzungsumfang und betragen in 2030 das Doppelte der hier unterstellten Kosten für ein durchschnittliches Jahr. Im ambitionierten Szenario sind die Kosten jeweils doppelt so hoch, wie im moderaten Szenario, da der Umsetzungsumfang in beiden Szenarien das gleiche Verhältnis von 1:2 aufweist.

Tabelle 5: Jährliche Investitions- und Pflegekosten der Oberflächengestaltung bei Kanalerneuerungsprojekten im moderaten Szenario.

Maßnahme der wassersensiblen Oberflächengestaltung	jährliche Investitionskosten (Euro ₂₀₂₂)	jährliche Pflegekosten (Euro ₂₀₂₂)*
Tiefbeete mit Rigolen	6.872	1.028
Wasserdurchlässige Abschlusschichten in Geh- und Radwegbereichen (Asphalt)	97.919	0
Wasserdurchlässiges Pflaster und Rigolen in Stellplatzbereichen (Rasengittersteine)	37.854	7.381
Summe	142.644	8.410

*Bei 50 % erreichtem Umsetzungsumfang bzw. in durchschnittlichem Jahr bis 2030.

Quelle: eigene Berechnungen.

Entsprechend der oben vorgestellten flächenspezifischen Kosten und der Umsetzungsumfänge nimmt der wasserdurchlässige Asphalt in Geh- und Radwegbereichen sowohl im moderaten als auch im ambitionierten Szenario jeweils den größten Anteil der jährlichen Investitionskosten ein., gefolgt von Rasengittersteinen in Stellplatzbereichen. Da für Asphalt keine Kosten der Grünflächenpflege anfallen, nimmt die Pflege des Bewuchses der Rasengittersteine hier den größten Anteil ein. Entsprechend der linearen Kostenhochrechnung vervierfachen sich die Investitions- und Pflegekosten im ambitionierten Szenario gegenüber dem moderaten. Hier kommt der vierfache Umsetzungsumfang auf der gesamten Länge der Kanalsanierungen in Straßenkilometern zum Tragen.

Tabelle 6: Jährliche Investitions- und Pflegekosten der Oberflächenumgestaltung bei Kanalerneuerungsprojekten im ambitionierten Szenario.

Maßnahme der wassersensiblen Oberflächenumgestaltung	jährliche Investitionskosten (Euro ₂₀₂₂)	jährliche Pflegekosten (Euro ₂₀₂₂)*
Tiefbeete mit Rigolen	27.486	4.113
Wasserdurchlässige Abschlusschichten in Geh- und Radwegbereichen (Asphalt)	391.676	0
Wasserdurchlässiges Pflaster und Rigolen in Stellplatzbereichen (Rasengittersteine)	151.416	29.526
Summe	570.578	33.638

*Bei 50 % erreichtem Umsetzungsumfang bzw. In durchschnittlichem Jahr bis 2030.

Quelle: eigene Berechnungen.

Beteiligte Wirtschaftszweige

Für das Anlegen von Tiefbeeten mit Rigolen wird unterstellt, dass 10 % der Investitionskosten als Umsatz im Wirtschaftszweig „Garten- und Landschaftsbau sowie Erbringung von sonstigen gärtnerischen Dienstleistungen“ anfällt. Die restlichen Kosten werden gleichmäßig (je 45% der Gesamtkosten) auf die Wirtschaftszweige „Tiefbauarbeiten“ und „Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren“ verteilt, da Rigolensysteme vermehrt aus modernen Kunststofflösungen bestehen (Baustoffwissen.de 2017).

Für die Maßnahme „Wasserdurchlässige Abschlusschichten in Geh- und Radwegbereichen“ mit der Ausführung als wasserdurchlässigem Asphalt wird angenommen, dass die Investitionskosten zu 100 % dem Wirtschaftszweig „Tiefbauarbeiten“ zugeordnete werden können, da dieser den Straßenbau beinhaltet (Statistisches Bundesamt 2008, S.349).

Die Investitionskosten der Freiflächenbegrünung in Form von Rasengittersteinen sind dem Baupreislexikon entnommen (F:DATA GMBH 2019) und teilen sich auf die Bauleistungen „Kies abtragen“, „Untergrund füllen und verdichten“, „Rasengittersteine verlegen“, „Pflanzschicht füllen“ und „Rasen säen“ auf. Die beiden letzteren Bauleistungen werden dem Wirtschaftszweig „Garten- und Landschaftsbau sowie Erbringung von sonstigen gärtnerischen Dienstleistungen“ zugeordnet und nehmen 8 % der Gesamtkosten ein. Die restlichen Bauleistungen werden dem Wirtschaftszweig „Tiefbauarbeiten“ zugeordnet. Hier wäre eine 100-prozentige Zuordnung zum Wirtschaftszweig „Garten- und Landschaftsbau sowie Erbringung von sonstigen gärtnerischen Dienstleistungen“ denkbar, da die ersten Bauleistungen wenig komplex im Vergleich zu anderen Tiefbauarbeiten sind. Da die Unterstellung einer Kiesfläche als Ausgangszustand aber nur beispielhaft sein soll und andere massivere Untergründe schon eher entsprechend ausgebildetes Personal zur Entfernung benötigen, werden hier die Beseitigung des bisherigen Untergrundes, das Auffüllen des Fundamentes und die Verlegung der Rasengittersteine als bauliche Leistungen den Tiefbauarbeiten zugeordnet.

Tabelle 7: Verteilung der Umsätze der Investitionen in Maßnahmen zur Oberflächengestaltung auf die relevanten Wirtschaftszweige

Maßnahme der wassersensiblen Oberflächengestaltung	Wirtschaftszweige (WZ-2008)		
	Tiefbauarbeiten	Garten- und Landschaftsbau	Gummi- und Kunststoffwaren
Tiefbeete mit Rigolen	45 %	10 %	45 %
Wasserdurchlässige Abschlusschichten in Geh- und Radwegbereichen (Asphalt)	100 %	0 %	0 %
Wasserdurchlässiges Pflaster und Rigolen in Stellplatzbereichen (Rasengittersteine)	92 %	8 %	0 %

Quelle: eigene Annahmen, für Rasengittersteine auf Basis von F:DATA GmbH (2019).

Die Pflegekosten der angelegten Grünflächen werden jeweils zu 100 % dem Wirtschaftszweig „Garten- und Landschaftsbau sowie Erbringung von sonstigen gärtnerischen Dienstleistungen“ zugeordnet. Lediglich für den Asphalt fallen in diesem Sinne keine Pflegekosten. Die Wartungskosten als Straßenbauleistungen werden hier nicht bemessen und daher auch keinem Wirtschaftszweig zugeordnet.

3.3. Dachflächen- und Freiflächenbegrünung (HB 5)

Die Maßnahme HB 5 umfasst zusätzliche intensive und extensive Dachbegrünungen in dicht bebauten, stadtklimatisch belasteten und/oder überflutungsgefährdeten Bereichen des Stadtgebietes. Zudem sollen Freiflächen im Wohn- und Gewerbebereich entsiegelt und begrünt werden, bspw. indem Vorgärten wieder als Pflanzflächen umgestaltet werden. Konkrete Ziele, die mit der Maßnahme verfolgt werden sind (Senator für Umwelt, Bau und Verkehr 2018, S. 35):

- Unterstützung der Bevölkerung bei der Bewältigung extremer humanbioklimatischer Belastungen
- Schutz der Gewässergüte und des Gewässerzustandes zur Vermeidung und zum Ausgleich ökologischer Belastungen durch Trockenheit und Hitze
- Vermeidung von Schadstoffeinträgen bei Starkregenereignissen in Böden und Gewässer
- Erhalt oder Verbesserung der Anlagenkühlung und des Klimakomforts in Gebäuden unter Vermeidung unnötiger Energieverbräuche
- Vermeidung bzw. Reduzierung der Aufheizung exponierter Verkehrs- und Freiflächen
- Sicherung und Entlastung von Ableitungssystemen und Schutz von Gewässern bei außergewöhnlichen Starkregen.

Im privaten Bereich werden die Begrünungspotenziale vor allem durch das Begrünungsortsgesetz adressiert, wobei Dachflächen hier nur bei Neubauten umfasst werden (Freie Hansestadt Bremen 2019). Da für Neubauten mit über 100 m² Dachfläche somit gesetzlich eine Pflicht zur Begrünung besteht, wird dieser Teil der Gebäude Bremens im Folgenden nicht betrachtet. Dies wird damit begründet, dass die Begrünung von Neubauten durch die Verpflichtung bereits vonstattengeht und keine zusätzlichen Begrünungspotenziale erschlossen werden. Die im nächsten Abschnitt beschriebenen Maßnahmenumfänge werden also aus dem Gebäudebestand abgeleitet.

Die Dachflächenbegrünung wird zur Differenzierung der flächenspezifischen Kosten in extensive und intensive Begrünungen unterteilt. Unter einer extensiven Begrünung sind Pflanzsysteme mit Direkt-

bewuchs, Textil-Systemen, Textil-Substrat-Systemen und Substratschüttungen bis 15cm Stärke gefasst. Unter intensiver Bepflanzung werden Substratschüttungen mit mehr als 15 cm Stärke gefasst, die Wuchshöhen von über 12 cm erlauben (vgl. Pfoser et al. 2013, S. 56ff.)

Die Freiflächenbegrünung wird hier als Entsiegelung und Begrünung vormals versiegelter Flächen auf privaten Grundstücken definiert. Als Begrünungsmaßnahmen werden hier die Anpflanzung von Krautvegetation, Gehölz und Bäumen im Verhältnis 90 % : 8 % : 2 % unterstellt.

Spezifische Maßnahmenkosten

Die Maßnahmenkosten werden, wie zuvor beschrieben, unterteilt in Dachflächen mit jeweils intensiver und extensiver Begrünungsvariante im Verhältnis 3 % : 97 %, sowie in die Begrünung privater Freiflächen. Es werden Unter- und Obergrenzen für Investitions- und jährliche Pflegekosten angegeben und sämtliche Kostensätze flächenspezifisch in Euro pro m² dargestellt. Die Bandbreiten ergeben sich bei der extensiven Begrünung durch das jeweils verwendete Pflanzsystem und bei der intensiven Begrünung durch die angepflanzten Pflanzenarten.

Tabelle 8: Investitions- und Pflegekosten für Maßnahmen im Bereich Dach- und Freiflächenbegrünung

Maßnahme	Bepflanzung	Investitionskosten (Euro ₂₀₂₂ /m ²)		Jährliche Pflegekosten (Euro ₂₀₂₂ /m ² *a)	
		Min	Max	Min	Max
Dachbegrünung	extensiv	67,48	74,44	2,79	2,99
	intensiv	105,87	114,96	2,79	2,99
Private Freiflächenbegrünung	60% Rasengittersteine / 40% Sträucher, Wiesen	14,23	17,39	0,84	1,03

Quellen: Dachflächen F:DATA GmbH (2023), Freiflächen: Eschenbruch (2012) und F:DATA GmbH (2023), Pflegekosten: Pfoser et al. (2013)

Bei der extensiven Dachbegrünung sind für Gebäude mit größeren Dachflächen Skaleneffekte und damit niedrigere flächenspezifische Investitionskosten zu erwarten. Insofern kann die Untergrenze als für größere Gebäude und die obere Grenze eher als für kleinere Gebäude passend verstanden werden. Die Datenquelle (Baupreislexikon der Firma F:DATA GmbH) ist sehr praxisnah und aktuell. Für die Pflegekosten ergeben sich ebenfalls Bandbreiten, die sich größtenteils durch die angepflanzten Pflanzenarten unterscheiden. Mit diesen Kostensätzen wird der im nächsten Abschnitt vorgestellte Maßnahmenumfang hochgerechnet.

Umsetzungsumfang der Maßnahme

Mit 493.023 Dächern ergibt sich für die Stadt Bremen eine gesamte Dachfläche von 34,5 Mio. m². Aus einer Auswertung des Dachbegrünungskatasters (Stand Januar 2020) wurde ein aktueller Bestand begrünter Dachflächen von 96.686 m² ermittelt (981 Dächer, 0,3% der gesamten Dachfläche).

Im zweiten Workshop der Veranstaltungsreihe am 22. Oktober 2019 wurde gemeinsam mit Expert*innen entschieden, den zu bewertenden Zubau begrünter Dachfläche im moderaten und ambitionierten Szenario auf das grundsätzliche Dachbegrünungspotenzial zu beziehen. Für die Eignung der Dachflächen zur Begrünung wurden dabei Kriterien für die intensive und extensive Begrünungsvarianten zugrunde gelegt:

- Intensivbegrünungen: Größe des Daches > 10 m²; Neigung des Daches < 15°, Homogenität der Dachfläche > 75 % ,
- Extensivbegrünungen: Größe des Daches > 10 m²; Neigung des Daches 15-30°; Homogenität der Dachfläche < 75 % .

Aus geeigneten GIS-Daten, welche von der Senatsverwaltung bereitgestellt wurden, konnte ein Dachbegrünungspotenzial für Intensivbegrünungen von 14 Mio. m² und für Extensivbegrünungen von 17 Mio. m² abgeleitet werden. Weiterhin wurde im Workshop entschieden, gewisse Dachflächen bspw. auf Gewerbegebäuden⁴, die sich mangels ausreichender Statik für eine Begrünung nicht eignen, aus der weiteren Entwicklung der Umsetzungsszenarien auszuschließen. Damit verringert sich das Potenzial für die intensive Begrünung um 95 % auf 705.000 m² und für die extensive Begrünung um 75 % auf 4,1 Mio. m². Ausgehend von diesem Begrünungspotenzial wurde für das moderate Szenario ein Zubau intensiv begrünten Dachflächen von insgesamt 1 % und von extensiv begrünten Dachflächen um 5 % bis zum Jahr 2030 festgelegt. Für das ambitionierte Szenario wurden diese Zunahmen jeweils verdoppelt (2 % intensive Begrünung und 10 % extensive Begrünung). Tabelle 9 stellt die sich daraus ergebenden bis 2030 zusätzlich begrünten Dachflächen dar.

Tabelle 9: Maßnahmenumfang Dachbegrünung bis 2030

		Moderates Szenario	Ambitioniertes Szenario
Zusätzliche Intensivbegrünung	m ²	7.050	14.100
Zusätzliche Extensivbegrünung	m ²	211.250	422.500
Gesamte zusätzliche Dachbegrünung	m²	218.300	436.600
Anteil an Gesamtdachfläche	%	0,91 %	1,55 %

Quelle: eigene Berechnungen.

Dabei wird davon ausgegangen, dass die Umsetzung auf zehn Jahre verteilt ist, d.h. es werden 10% des Gesamtumfangs jährlich umgesetzt. Insgesamt nimmt die begrünte Dachfläche bezogen auf die Gesamtdachfläche im moderaten Szenario bis 2030 um knapp 1 % und im ambitionierten Szenario um gut 1,5 % zu. Damit kann die begrünte Dachfläche im moderaten Szenario im Vergleich zum Status Quo ungefähr verdreifacht werden und im ambitionierten Szenario mehr als verfünffacht.

Zusätzlich zu den Dachflächen gibt es im Stadtgebiet Bremen in 2019 ca. 3 Mio. m² öffentliche bzw. öffentlich zugängliche Grünflächen⁵. Die gesamten Grünflächen innerhalb der Siedlungsflächen umfassen ca. 4 Mio. m² (Freie Hansestadt Bremen 2016, S. 42).⁶ Als Zielbereich der Schlüsselmaßnahme werden in der Klimaanpassungsstrategie *Wohn- und Gewerbeflächen*⁷ im Innenbereich angegeben. Auf dem Workshop am 22. Oktober 2019 wurde daher entschieden, Entsiegelungs- und Begrünungspotenziale im öffentlichen Bereich auf Parkplätzen, Höfen und Innenhöfen und im privaten Bereich als Nutzungsänderung von Vorgärten als Pflanzflächen zu betrachten.

Diese Entsiegelungs- und Begrünungspotenziale der öffentlichen und privaten Bereiche liegen aber in der Projektlaufzeit nicht oder nicht in ausreichendem Maße vor, weil sie schwierig als originäre Daten zu ermitteln sind. Daher werden die Szenarien der Umsetzungsumfänge als prozentuale Erhöhung der Grünflächen auf Grundlage der verfügbaren Informationen zu Wohn- und Gewerbeflächen

⁴ Bootshäuser, Drehkräne, Funkmaste, Lagerhallen, Laufkräne, nicht zu spezifizierende Dächer, Schornsteine, Schuppen, Silos, Sonstiges, Tanks, Gewächshäuser, Wasserbehälter, Windräder wurden rausgenommen

⁵ Kommunale öffentliche Grünanlagen, Parks, Kleingärten, Friedhöfe (sowie öffentlich zugängliche, aber nicht in kommunaler Verwaltung), Außenanlagen an öffentlichen Gebäuden, Sportanlagen, Freizeitanlagen (<https://www.iapro-bremen.de/> S. 49)

⁶ Mitteilung Hr. Knode (SUBV), April 2019: 29 Mio. m² (Stand 2018), 9,2 % bezogen auf Stadtfläche; abweichende Angaben und Zuordnungen zu Flächennutzungen in Landschaftsprogramm, Flächennutzungsplan und Bremer Statistik. Hier werden die Daten des Landschaftsprogramms zugrunde gelegt.

⁷ Siehe Landschaftsprogramm Bremen 2015, S. 42

in Bremen (Freie Hansestadt Bremen 2016, S. 42) entwickelt. Für das moderate Szenario wird eine Zunahme an Grünflächen auf diesen bisher anderweitig genutzten Flächen bis 2030 um 0,5 % und für das ambitionierte Szenario von 1,0 % festgelegt. In Tabelle 10 wird deutlich, dass sich diese Annahmen in den beiden Szenarien in absoluten zusätzlichen Grünflächen in Höhe von 594.800 m² bzw. 1.189.600 m² ausdrückt. Auch hier wird für die weitere Bewertung angenommen, dass sich die Umsetzung dieser Maßnahmenumfänge auf die zehn Jahre bis 2030 gleichverteilt.

Tabelle 10: Maßnahmenumfang Freiflächenbegrünung bis 2030

		Status Quo	Moderates Szenario	Ambitioniertes Szenario
Bezugsgröße: Wohn- und Gewerbeflächen	m ²	118.960.000		
Zunahme in % der Bezugsgröße (Annahme)	%		0,5 %	1,0 %
Zusätzliche Freiflächenbegrünung	m ²		594.800	1.189.600

Quelle: Wohn- und Gewerbeflächen: Freie Hansestadt Bremen (2016, S. 42)

Jährliche Kosten der Anpflanzung und Grünflächenpflege

Die zuvor vorgestellten flächenspezifischen Kosten der Dachflächen- und Freiflächenbegrünung bzw. die entsprechenden Grünpflegekosten wurden als Bandbreiten mit minimalen und maximalen Werten angegeben. Für die Hochrechnung der Kosten für den gesamten Umsetzungsumfang im moderaten und ambitionierten Szenario werden daraus Mittelwerte abgeleitet und mit den im vorhergehenden Abschnitt vorgestellten jährlichen Umsetzungsumfängen multipliziert. Für die jährlichen Pflegekosten der Grünflächen werden 50 % des gesamten Umsetzungsumfangs für die Hochrechnung herangezogen, so dass die durchschnittlichen Pflegekosten in Bezug auf den gesamten Umsetzungszeitraum bis 2030 abgebildet werden. Natürlich kommen begrünte Flächen über diesen Zeitraum hinzu und damit wachsen auch die jährlichen Pflegekosten für den bereits erreichten Umsetzungsumfang. Entsprechend steigern auch die sich daraus ergebenden regionalwirtschaftlichen Effekte. Darauf wird bei der Ergebnisvorstellung nochmals eingegangen.

Tabelle 11 und Tabelle 12 zeigen die Ergebnisse dieser Kostenhochrechnung auf. Die jährlichen Investitionskosten betragen ein Zehntel der Investitionskosten für den gesamten Umsetzungsumfang im jeweiligen Szenario bei Annahme unveränderter spezifischer Kosten. Die jährlichen Pflegekosten steigen mit dem Umsetzungsumfang und betragen in 2030 das Doppelte der hier unterstellten Kosten für ein durchschnittliches Jahr. Im ambitionierten Szenario sind die Kosten jeweils doppelt so hoch, wie im moderaten Szenario, da der Umsetzungsumfang in beiden Szenarien das gleiche Verhältnis von 1:2 aufweist.

Tabelle 11: Jährliche Investitions- und Pflegekosten der Dach- und Freiflächenbegrünung im moderaten Szenario.

Maßnahme	Bepflanzung	jährliche Investitionskosten (Euro ₂₀₂₂)	jährliche Pflegekosten (Euro ₂₀₂₂)*
Dachbegrünung	97 % extensiv und 3 % intensiv	1.413.477	322.424
Freiflächen	90 % Krautvegetation, 8 % Gehölze und 2 % Bäume	2.624.073	352.290

*Bei 50 % erreichtem Umsetzungsumfang bzw. In durchschnittlichem Jahr bis 2030.

Quelle: eigene Berechnungen.

Tabelle 12: Jährliche Investitions- und Pflegekosten der Dach- und Freiflächenbegrünung im ambitionierten Szenario.

Maßnahme	Bepflanzung	jährliche Investitionskosten (Euro ₂₀₂₂)	jährliche Pflegekosten (Euro ₂₀₂₂)*
Dachbegrünung	97 % extensiv und 3 % intensiv	2.826.955	644.848
Freiflächen	90 % Krautvegetation, 8 % Gehölze und 2 % Bäume	5.248.146	704.581

*Bei 50 % erreichtem Umsetzungsumfang bzw. In durchschnittlichem Jahr bis 2030.

Quelle: eigene Berechnungen

Die extensive Begrünung nimmt bei den Investitions- und Pflegekosten der Dachbegrünung den größten Anteil ein, weil sich darin der große Anteil von Ein- und Zweifamilienhäusern und Nebengebäuden, wie bspw. Garagen, Carports und anderen Anbauten mit potenziellen Begrünungsflächen widerspiegelt. In Summe liegen die Investitionskosten der Dachbegrünung deutlich unter den Kosten für die Freiflächenbegrünung. Die jährlichen Pflegekosten der Freiflächenbegrünung sind aufgrund des hohen Umsetzungsumfangs höher, als bei den Dachflächen. Insgesamt nehmen die Kosten für die Freiflächen also einen größeren Anteil ein. Da die tatsächliche Umsetzung dieser unterstellten Szenarien von verschiedenen Faktoren abhängig ist und in der Realität aufgrund einer Bandbreite an möglichen Begrünungsarten und Kostenniveaus auch günstigere oder teurere Kosten möglich sind, ist dieses Verhältnis aber nicht fix

Beteiligte Wirtschaftszweige

An der Umsetzung der Maßnahmen zur Dach- und Freiflächenbegrünung sind mehrere Unternehmenstypen aus verschiedenen Wirtschaftszweigen beteiligt. Die Anteile der jeweiligen Wirtschaftszweige an den spezifischen und den hochgerechneten Gesamtkosten als Modellinput der Input-Output-Rechnung wird für die Dachbegrünung abgeleitet aus einer Kostenaufstellung der Behörde für Umwelt und Energie der Freien und Hansestadt Hamburg (2017, S.9 Abb.2), die im Zuge einer ökonomischen Analyse der Gründächer Hamburgs vorgenommen wurde. Dabei werden Bauleistungen, wie das Reinigen der Dachfläche, der Einbau von Trennfolien und Schutzmatte sowie die Herstellung von Wartungswegen als Betonplatten dem Wirtschaftszweig der „vorbereitenden Baustellarbeiten“ zugeordnet. Diese Bauleistungen nehmen der Kostenaufstellung nach ca. 70 % der Gesamtkosten ein. Die übrigen 30 % der Gesamtkosten entfallen auf Bauleistungen, wie das Liefern und Einbauen des Pflanzsubstrates, die Ansaat und das Wässern, die dem Wirtschaftszweig der „Garten- und Landschaftsbau sowie Erbringung von sonstigen gärtnerischen Dienstleistungen“ zugeordnet werden. Da bei Umgestaltungen von Dächern die Statik und anderen bauplanerische Aspekte zu beachten sind, wird angenommen, dass von den Gesamtkosten 10 % auf den Wirtschaftszweig der „Dienstleistungen von Architektur- und Ingenieurbüros“ entfällt und die Kostenanteile der beiden zuvor besprochenen Wirtschaftszweige entsprechend sinken. Tabelle 13 gibt einen Überblick der Verteilung der Umsätze der Dachbegrünung auf die relevanten Wirtschaftszweige.

Tabelle 13: Verteilung der Umsätze der Investitionen in Dachflächenbegrünungen auf die relevanten Wirtschaftszweige

Wirtschaftszweig	Anteil an Gesamtkosten
Vorbereitende Baustellen-, Bauinstallations- und sonstige Ausbauarbeiten	63 %

Garten- und Landschaftsbau sowie Erbringung von sonstigen gärtnerischen Dienstleistungen	27 %
Dienstleistungen von Architektur- und Ingenieurbüros und der technischen und physikalischen Untersuchung	10 %

Quelle: eigene Annahmen angelehnt an Behörde für Umwelt und Energie der Freien und Hansestadt Hamburg (2017, S.9 Abb.2).

Die Pflegekosten für Gründächer werden annahmegemäß zu 100 % dem Wirtschaftszweig „Garten- und Landschaftsbau sowie Erbringung von sonstigen gärtnerischen Dienstleistungen“ zugeordnet.

Die Investitionskosten der Freiflächenbegrünung beinhalten auch die arbeitsintensive Entsiegelung der Flächen, die mit einem Anteil von 89 % dem Wirtschaftszweig „Tiefbauarbeiten“ zugeordnet werden. Die restlichen Bauleistungen werden dem Wirtschaftszweig „Garten- und Landschaftsbau sowie Erbringung von sonstigen gärtnerischen Dienstleistungen“ zugeordnet. Tabelle 14 gibt einen Überblick über die Verteilung der Umsätze der Investitionen in Freiflächenbegrünungen auf die relevanten Wirtschaftszweige.

Tabelle 14: Verteilung der Umsätze der Investitionen in Freiflächenbegrünungen mit Rasengittersteinen auf die relevanten Wirtschaftszweige

Wirtschaftszweig	Anteil an Gesamtkosten
Tiefbau	89 %
Garten- und Landschaftsbau sowie Erbringung von sonstigen gärtnerischen Dienstleistungen	11 %

Quelle: eigene Annahmen auf Basis von F:DATA GmbH (2019).

Die Kosten der Grünflächenpflege werden zu 100 % dem Wirtschaftszweig Garten- und Landschaftsbau sowie Erbringung von sonstigen gärtnerischen Dienstleistungen zugeordnet.

3.4. Straßenbäume (HB 6)

Im Rahmen des Handlungskonzeptes Stadtbäume soll in Bremen der Stadtbaumbestand langfristig gesichert, gepflegt und entwickelt werden (Maßnahme HB 6 in Senator für Umwelt, Bau und Verkehr (2018, S. 36)). Insbesondere in verdichteten und mit Grün unterversorgten Stadtteilen soll der Baumbestand erhöht werden. Ausgehend von aktuellen Forschungserkenntnissen, sollen dabei verstärkt klimaresistente Strauch- und Baumarten bzw. -sorten ausgewählt werden, sodass eine möglichst breite Arten- und Sortenvielfalt entsteht. Hierzu zählen Gehölzarten, die sowohl sommerliche Hitze und Trockenphasen widerstehen als auch Frost und langanhaltende Kälte als weiteres zu erwartendes Temperaturextrem. Weiterhin soll ein breites Spektrum an Baumarten gepflanzt werden, um dem Schädlingsbefall vorzubeugen. (Maßnahmenblatt HB 6 in Senator für Umwelt, Bau und Verkehr (2018, S. 36)).

Konkrete Ziele, die mit der Maßnahme verfolgt werden sind:

- Erhöhung der Resistenz sowie Schutz von Bäumen und anderen Anpflanzungen gegenüber Hitze- und Trockenstress sowie Sturmlasten.
- Sicherung ausreichend großer Flächen und Korridore zur natürlichen Anpassung der Verbreitung von Arten,
- Vermeidung bzw. Reduzierung der Aufheizung exponierter Verkehrs- und Freiflächen und
- Unterstützung der Bevölkerung bei der Bewältigung extremer humanbioklimatischer Belastungen.

Im Fokus weiteren Analyse liegt nur die Erhöhung des Straßenbaumbestands in Bremen, da weitere Bäume auf privaten Flächen kaum steuerbar sind und auf Park- und Grünflächenanlagen in öffentlicher Hand zum Grünflächenmanagement gehören. Dabei wird eine Kronenfläche von ca. 30 m² und ein entsprechender Kronendurchmesser von ca. 6,2 m als typische Zielgröße für einen Straßenbaum unterstellt.

Spezifische Maßnahmenkosten

Die Kosten für Straßenbäume werden unterteilt in einmalige Pflanzkosten je Baum und jährliche Pflegekosten über den Betrachtungszeitraum bis 2030. Die Pflanzkosten von 2.860 Euro bis 5.700 Euro pro Baum für die unterstellten Baumarten basieren den Angaben der Senatsverwaltung für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau im aktuellen Handlungskonzept Stadtbäume. Als aktueller Erfahrungswert im Frühjahr 2023 sind diese Kosten von besonderer Bedeutung für eine treffsichere Bewertung. Die Bandbreite ergibt sich durch teilweise aufwändiger vorzubereitende Standorte im städtischen Gebiet. In der Regel sind aufgrund der ober- und unterirdischen Infrastruktur am Straßenrand im Stadtgebiet mit weiteren Kosten für das aufwändigere Ausheben der Pflanzgrube und das Verlegen von Rohr- und Kabelleitungen zu berücksichtigen.

Tabelle 15: Pflanz- und Pflegekosten für Straßenbäume

Kostenart	Stückkosten	Kosteneinheit
Anpflanzung in Freianlagen	2.860	Euro/Baum
Anpflanzung im Straßenraum	5.700	Euro/Baum
Pflegekosten	81,50	Euro/Baum*Jahr

Quelle: Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau (2023).

Die Pflegekosten sind dabei trotz ihrer Bestätigung von Praxisakteuren als Mittelwert zu verstehen. Je nach Alter und Art des jeweiligen Baumes sowie der Standortbedingungen können diese Kosten sehr stark schwanken (Eschenbruch 2012, S.9).

Umsetzungsumfang der Maßnahme

In Bremen gibt es Stand 2018 ca. 70.000 Straßenbäume. Umgelegt auf die Gesamtlänge öffentlicher Straßen und Wege von 1.430 km (Amt für Straßen und Verkehr der Freien Hansestadt Bremen 2019) ergibt das eine Baumdichte von ca. 49 Bäumen pro Straßenkilometer. Da bei dieser Statistik beide Straßenseiten miteingeschlossen sind, ergibt sich ein Abstand zwischen den einzelnen Bäumen von ca. 40 Metern. Im vielfältigen Stadtbild Bremens mit innerstädtischen, Siedlungs- und Randgebieten ist die Verteilung der Straßenbäume sehr unterschiedlich. In den Sanierungsgebieten beispielsweise bestehen oft keine Möglichkeiten, Bäume zu pflanzen wegen der besonderen Infrastrukturen im Boden und der Anordnung von Straßenlaternen.

Für die Entwicklung des moderaten und ambitionierten Umsetzungsszenarios werden die Planungswerte der Senatsverwaltung für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau herangezogen. Für die Jahre 2022 und 2023 ist die Neupflanzung von je 70 Straßenbäumen geplant. Für das ambitionierte Szenario wird diese Zahl auf 140 zusätzliche Bäume pro Jahr verdoppelt. Dafür müssten allerdings Planungsmöglichkeiten, Budgets und Personal bereitgestellt werden.

Jährliche Kosten der Anpflanzung und Baumpflege

Die spezifischen Maßnahmenkosten werden für die Abschätzung der jährlichen Investitions- und Pflegekosten der Anpflanzung zusätzlicher Straßenbäume auf die zuvor beschriebenen Umsetzungsumfänge des moderaten und des ambitionierten Szenarios hochgerechnet. Die Kosten für die einfachere Anpflanzung in Freianlagen und für die aufwändigere Anpflanzung im Straßenraum werden dabei in gleicher Höhe gewichtet. Tabelle 16 gibt einen Überblick der Kosten für beide Szenarien. Die jährlichen Investitionskosten fallen in dieser Höhe bis 2030 an bei angenommenen unveränderten Pflanzkosten. Die jährlichen Pflegekosten steigen mit dem Umsetzungsumfang und betragen in 2030 das Doppelte der hier unterstellten Kosten für ein durchschnittliches Jahr.

Tabelle 16: Jährliche Investitions- und Pflegekosten für Straßenbäume im moderaten und ambitionierten Szenario

Kostenart	jährliche Investitionskosten (Euro ₂₀₂₂)	jährliche Pflegekosten (Euro ₂₀₂₂)*
Moderates Szenario (140 Stk./Jahr)	299.600	30.332
Ambitioniertes Szenario (350 Stk./Jahr)	599.200	60.664

*Bei 50 % erreichtem Umsetzungsumfang bzw. In durchschnittlichem Jahr bis 2030.

Quelle: eigene Berechnungen.

Dabei betragen die Pflegekosten nur einen Bruchteil der jährlichen Investitionskosten, auch wenn sie bis zum Jahr 2030 kontinuierlich ansteigen. Nach Erreichen der jeweiligen Anzahl zusätzlich angepflanzter Bäume ist also von überschaubaren Pflegekosten in den Jahren nach 2030 auszugehen.

Beteiligte Wirtschaftszweige

Die Verteilung der durch die Anpflanzung von Straßenbäumen ausgelösten Umsätze bei den Unternehmen, welche die Maßnahmen umsetzen, wird aus dem Verhältnis der reinen Pflanzkosten und der zusätzlichen Kosten für Tiefbauarbeiten abgeleitet. Dabei wird etwas mehr als die Hälfte der Umsätze dem Wirtschaftszweig „Tiefbauarbeiten“ zugeordnet und der etwas geringere Anteil dem Wirtschaftszweig „Garten- und Landschaftsbau sowie Erbringung von sonstigen gärtnerischen Dienstleistungen“.

Tabelle 17: Verteilung der Umsätze der Anpflanzung von Straßenbäumen auf die relevanten Wirtschaftszweige

Wirtschaftszweig	Anteil an Gesamtkosten
Tiefbauarbeiten	54 %
Garten- und Landschaftsbau sowie Erbringung von sonstigen gärtnerischen Dienstleistungen	46 %

Quelle: eigene Annahmen.

Die Pflegekosten werden zu 100 % dem Wirtschaftszweig „Garten- und Landschaftsbau sowie Erbringung von sonstigen gärtnerischen Dienstleistungen“ zugeordnet.

Auch wenn die Anpflanzung und Pflege von Straßenbäumen im Verantwortungsbereich der Senatsverwaltung für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau liegt, wird hier keine Zuordnung zum Wirtschaftszweig „Dienstleistungen der öffentlichen Verwaltung“ vorgenommen. Begründet wird dieses Vorgehen damit, dass die Maßnahmen zwar in der öffentlichen Verwal-

tung geplant und durch die öffentliche Hand finanziert werden, allerdings beinhaltet die WZ-Klassifikation an dieser Stelle nicht die Umsetzung von verwaltenden Maßnahmen (Statistisches Bundesamt 2008, 503f.). Vielmehr kommen in landeseigenen Betrieben Leistungen und Personal zum Einsatz, die aus berufsfachlicher Sicht eindeutig den oben genannten Wirtschaftszweigen zuzuordnen ist. Dennoch können die Berechnungsergebnisse in Form von Wertschöpfung und Beschäftigung der öffentlichen Hand zugeordnet werden.

4. Methodenbeschreibung: Input-Output-Analyse

In diesem Abschnitt wird ein Überblick über die eingesetzte quantitative Berechnungsmethode der Input-Output-Analyse gegeben. Am IÖW kommt ein statistisches offenes Mengenmodell zum Einsatz. Das bedeutet, dass zeitliche Veränderungsprozesse, denen eine Volkswirtschaft und die Verflechtungen ihrer Wirtschaftszweige unterliegt, nicht abgebildet werden und sämtliche durch den exogen vorgegebenen Nachfrageimpuls ausgelösten Effekte in dem gleichen Jahr als zugrundeliegende Zeitperiode anfallen. Die Nachfrage nach Gütern für die letzte Verwendung wird modellexogen erklärt, also nicht innerhalb der modellierten Prozesse in einem geschlossenen Modell berechnet. Weiterhin liegen dem Modell Güterströme zugrunde, was es als Mengenmodell definiert. Die produzierten Güter werden als ein fiktives Gut zusammengefasst und bilden so die Produktionsmenge, die für eine Geldeinheit zu kaufen ist (Holub und Schnabl 1994, S.92).⁸

Für die hier vorliegende Bewertung hat der Autor das Modell aktualisiert, auf den aktuellen Stand der vom Statistischen Bundesamt verfügbaren nationalen Input-Output-Tabelle gebracht und die entsprechenden Nachfrageimpulse als Modellinput generiert.

4.1. Exkurs: Input-Output-Rechnung

Die Input-Output-Analyse gehört zu den etablierten ökonomischen Modellansätzen zur Untersuchung von Güterbewegungen, die im Produktionsprozess einer Volkswirtschaft und im Austausch mit anderen Volkswirtschaften erfolgen (vgl. im Folgenden Kuhn 2010, S.5ff.). Sie ist damit ein bedeutsamer Bestandteil der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung. Im Zentrum der Input-Output-Rechnung steht die Input-Output-Tabelle, welche das Aufkommen und die Verwendung von Gütern differenziert nach spezifisch klassifizierten Wirtschaftsbereichen der Volkswirtschaft abbildet. In mehreren Quadranten der umfangreichen Matrix werden sowohl die Produktionsverflechtungen der Wirtschafts- bzw. Produktionsbereiche in einer Vorleistungsmatrix, als auch die Endnachfrage der letzten Verwendung der produzierten Güter sowie die Primärinputs gefasst (vgl. Abbildung 2). Als Input für eine Input-Output-Rechnung dient ein Nachfrageimpuls, der in einem Vektor auf die in der Vorleistungsmatrix abgebildeten Produktionsbereiche aufgeteilt wird. Ein zu bewertender Nachfrageimpuls entsteht bspw. bei staatlichen Investitionen, unternehmerischen (Groß-) Projekten oder durch bewusst oder unbewusst gesetzte (wirtschafts-) politische Anreize. Ausgehend von diesem Nachfrageimpuls lassen sich mit der Input-Output-Rechnung dann die Produktionstätigkeiten der verflochtenen Produktionsbereiche berechnen sowie die dadurch entstehende Wertschöpfung und Beschäftigung. Durch Verknüpfungen mit weiteren (wirtschafts-) statistischen Daten lassen sich auch weitere Effekte, wie bspw. Ressourcenverbräuche oder Treibhausgasemissionen ermitteln.

Input-Output-Tabellen werden aktuell in Deutschland nur auf nationaler Ebene vom Statistischen Bundesamt erstellt. Für regionale Input-Output-Tabellen fehlen manche für die Tabellen-Erstellung relevanten Daten (Vogt 2011, S.31). Für gezielte regionalökonomische Untersuchungen bspw. auf Ebene einzelner Bundesländer, wie sie hier vorgenommen wird, würde die Verwendung der nationalen Input-Output-Tabelle zu schweren Verzerrungen führen, da sich zentrale wirtschaftsstrukturelle Merkmale der innerdeutschen Teilregionen voneinander unterscheiden. Dazu gehören vor allem der Einsatz von wirtschaftszweig-spezifischen Technologien und im Umkehrschluss auch die Arbeitsproduktivität. Aber auch grenzübergreifende Güterströme, sowohl für die Vorleistungen der regionalen Unternehmen als auch für den Güterabsatz in andere Teilregionen und den Konsum von Gütern aus

⁸ Das Input-Output-Modell wurde von André Schröder entwickelt und von ihm und Karl Zimmermann um eine derivative Regionalisierung der Input-Output-Tabelle erweitert. Erste Anwendungsfälle finden sich bspw. in Schröder und Zimmermann (2014) und Hirschl et al. (2015). Das Modell wird weiterhin verwendet, u.a. zur Ermittlung indirekter Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte durch erneuerbare Energien, bspw. in Rupp et al. (2017).

anderen Teilregionen bestehen deutliche Unterschiede, die für eine treffsichere Berechnung von Produktionseffekten berücksichtigt werden müssen (Holub und Schnabl 1994, S.71).

Verwendung (Input)		Input der Produktionsbereiche			Letzte Verwendung			Gesamte Verwendung	
		P B	S B	T B	Konsum	Investit.	Exporte		
Aufkommen (Output)	Gütergruppen	P B	Vorleistungsmatrix			Endnachfragematrix			Σ
		S B							
T B									
Ges. Vorleistungen bzw. Endnachfrage		Σ 30,4							
Komponenten der Wertschöpfung	...	Matrix der Primärintputs							
	...								
...									
Importe									
Gesamtes Aufkommen		Σ							

Gesamtes Aufkommen gleich gesamte Verwendung

Abkürzungen:

- PB = Primärer Bereich = Land- und Forstwirtschaft, Fischerei
- SB = Sekundärer Bereich = Produzierendes Gewerbe
- TB = Tertiärer Bereich = Private und öffentliche Dienstleistungen

Abbildung 2: Schematische Darstellung einer Input-Output-Tabelle.

Quelle: Kuhn (2010, S.6, Tabelle 1).

Für die Bewertung regionaler Produktionseffekte, die in der vorliegenden Untersuchung durch ebenso regionale Maßnahmen der Klimaanpassung ausgelöst werden, ist also zwingend die Anwendung einer regionalen Input-Output-Tabelle notwendig bzw. zumindest die Anwendung einer regionalspezifischen Vorleistungsmatrix im ersten Quadranten der Tabelle. Zu diesem Zweck wird auf Basis regionaler Beschäftigungsdaten eine regionalspezifische Vorleistungsmatrix auf Basis der nationalen Input-Output-Tabelle abgeleitet. Das dafür verwendete derivative Verfahren des Flegg et al. Location Quotient (FLQ-Methode) basiert auf einer Entwicklung von Flegg und Webber (1995) und gehört unter den Non-Survey-Methoden zu denjenigen derivativen Ansätzen, die der Genauigkeit von Survey-Methoden, die mit originär erhobenen Regionaldaten arbeiten, am nächsten kommen (Schröder und Zimmermann 2014, S.47). Im nächsten Abschnitt wird daher das Vorgehen der derivativen Erstellung der regionalspezifischen Vorleistungsmatrix für das Bundesland Bremen beschrieben.

4.2. Ableitung einer regionalen Input-Output-Tabelle für das Land Bremen

Die FLQ-Methode stellt einen wichtigen Ansatz zur Ableitung regionaler Input-Output-Tabellen dar, der ohne die Erhebung regionalwirtschaftlicher Daten auskommt und daher den Non-Survey-Methoden zugeordnet wird (vgl. auch im Folgenden Schröder und Zimmermann 2014, S.23ff.). Dabei wird einerseits das Größenverhältnis der Wirtschaftskraft der Region zur gesamten Volkswirtschaft berücksichtigt. Da hier große Unterschiede dieser Relation bei verschiedenen Produktionsbereichen auftreten können, wird sie je Produktionsbereich betrachtet. Es wird unterstellt, dass das in diesem Produktionsbereich hergestellte Gut für die Letztverwendungen innerhalb der Region zu einem größeren Anteil aus anderen Regionen eingeführt wird, je kleiner der Anteil dieses Produktionsbereiches am gesamten Output der Volkswirtschaft ist. Weiterhin wird das Größenverhältnis eines liefernden Sektors in der Region zum belieferten Sektor berücksichtigt. Damit soll abgeschätzt werden, welcher Anteil der Vorleistungen eines Sektors aus der Region selbst bezogen wird und welcher Anteil aus anderen Regionen eingeführt wird. Die Größenverhältnisse werden dabei im Idealfall anhand der Produktionswerte der einzelnen Produktionsbereiche in der Region und der restlichen Volkswirtschaft gebildet. Da auf Ebene der Bundesländer allerdings statistische Produktionswerte differenziert nach den Produktionsbereichen der Input-Output-Tabelle fehlen, werden als nächstbeste Schätzgröße die sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten nach Wirtschaftsabteilungen im Bundesland Bremen herangezogen (Bundesagentur für Arbeit 2018).

Im Rahmen der FLQ-Methode kommt weiterhin ein Multiplikator δ zum Tragen, der sich darauf auswirkt, ob die nationalen Inputkoeffizienten durch regionalisierte Inputkoeffizienten ausgetauscht werden oder ob die nationalen Koeffizienten beibehalten und der Region damit eine ähnliche Vorleistungsstruktur aufweisen, wie die gesamte Volkswirtschaft. Je größer der Wert für δ gewählt wird (bei $0 \leq \delta \leq 1$), desto größer wird die Importneigung der betrachteten Region durch die regionalisierten Inputkoeffizienten. Wird eine Region bereits durch die Relation zur Produktionstätigkeit der restlichen Volkswirtschaft als relativ klein beschrieben, wird für δ aber auch ein kleinerer Wert empfohlen, um die Importneigung nicht systematisch zu überschätzen (Schröder und Zimmermann 2014, S.23ff.). Da Bremen mit einem Anteil am bundesweiten Bruttoinlandsprodukt von ca. 1,0 % bereits als sehr kleine wirtschaftliche Region angesehen werden kann (Stand: 2017, Statistisches Bundesamt 2018a), wird hier ein δ von 0,10 gewählt. Entsprechend wird eine Überschätzung der Importneigung verringert und dem vielfältigen Charakter der bremischen Wirtschaft Rechnung getragen.

4.3. Ergebnisgrößen

Für die regionalökonomische Bewertung der oben vorgestellten Klimaanpassungsmaßnahmen in Bremen wird zum einen auf die Bestandteile der Nettowertschöpfung als monetäre Werte und zum anderen auf die Beschäftigungseffekte in Form von Vollzeitarbeitsplätzen abgezielt. Die Wertschöpfungsbestandteile werden aus der modellendogenen Ergebnisgröße der Wertschöpfung je Wirtschaftszweig abgeleitet, welche die Input-Output-Rechnung direkt liefert. Dabei wird auf die jeweiligen Verhältnisse der Nettobetriebsüberschüsse und der Arbeitnehmerentgelte zur Wertschöpfung für die einzelnen Wirtschaftszweige aus statistischen Quellen (Statistisches Bundesamt 2019; Statistisches Bundesamt 2018b) zurückgegriffen, um die Wertschöpfung in die genannten Bestandteile zu unterteilen. Dies ermöglicht eine Differenzierung der profitierenden Akteursgruppen der Unternehmen, der Beschäftigten und der öffentlichen Hand.

Die Ergebnisgröße der Vollzeitarbeitsplätze als Beschäftigungseffekt berechnet sich für jeden Produktionsbereich aus der gegebenen Arbeitsintensität der Produktion, die mit den berechneten Produktionseffekten, die durch den Nachfrageimpuls ausgelöst werden, multipliziert werden. Die Umrechnung von Arbeitsplätzen in Vollzeitäquivalente erfolgt durch die Multiplikation der Arbeitsplätze mit

der durchschnittlichen Stellenhöhe, die sich aus den für die Produktionsbereiche und Bundesländer spezifisch vorliegenden Vollzeit- und Teilzeitbeschäftigten ergibt (Bundesagentur für Arbeit 2018). Als Teilzeitfaktor wurden dabei eine durchschnittliche Stellenhöhe von 60 % für die Teilzeitbeschäftigten angenommen.

Die drei Bestandteile der Wertschöpfung und die Vollzeitarbeitsplätze als Beschäftigungseffekte ergeben sich in der Berechnung für jeden in der Input-Output-Tabelle aufgeführten Produktionsbereich und können ebenso nach den bewerteten Klimaanpassungsmaßnahmen differenziert werden. Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Berechnungen vorgestellt.

5. Ergebnisse der Modellrechnungen

Die im Kapitel 3 hergeleiteten jährlichen Investitionskosten und Pflegekosten der Begrünungsmaßnahmen wurden entsprechend der angenommenen Beteiligung der zentralen Wirtschaftszweige in einen Vektor eines zusätzlichen Nachfrageimpulses zusammengeführt, der die Kosten als Umsätze der jeweiligen Wirtschaftszweige beinhaltet. Wie im Kapitel 4 beschrieben, dient dieser Nachfragevektor als Input für die Input-Output-Rechnung mit einer regionalisierten Input-Output-Tabelle. Die vielfältigen Verflechtungen der bremischen Wirtschaft mit den umliegenden niedersächsischen Landkreisen lässt vermuten, dass ein Teil der Maßnahmenumfänge auch von auswärtigen Unternehmen umgesetzt werden und so bereits die direkten Effekte in den zentralen Wirtschaftszweigen nicht dem bremischen Wirtschaftsraum zuzurechnen sind. Mangels geeigneter Beschäftigungsdaten für die bremisch-niedersächsische Metropolregion zur Ableitung einer regionalen Input-Output-Tabelle wurde hier dennoch vereinfachend unterstellt, dass die Maßnahmen zu 100 % von bremischen Unternehmen umgesetzt werden. Eine Aufteilung der Nachfrageimpulse auf bremische und niedersächsische Unternehmen würde vermutlich zu Ergebnissen auf ähnlich hohem Niveau führen. Unterschiede wären dennoch zu erwarten, da Niedersachsen eine andere Wirtschaftsstruktur aufweist und aufgrund seines Status als großes Flächenland mit vielen angrenzenden Bundesländern auch andere grenzübergreifende Vorleistungsverflechtungen. Es wird hier also unterstellt, dass die aus bremischen Beschäftigtenstatistiken generierte, regionale Input-Output-Tabelle die Vorleistungsverflechtungen der bremisch-niedersächsischen Metropolregion ausreichend genau abbildet.

Die im folgenden vorgestellten Ergebnisse der jährlichen Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte wurden getrennt für die moderaten und ambitionierten Umsetzungsszenarien der Begrünungsmaßnahmen berechnet und in der Darstellung differenziert nach den bewerteten Begrünungsmaßnahmen, den Bestandteilen der Wertschöpfung und den beteiligten Wirtschaftszweigen. Die Bezeichnung als „jährliche Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte“ gilt dabei für ein durchschnittliches Jahr im Umsetzungszeitraum bis 2030, weil für die Pflegekosten ein erreichter Umsetzungsumfang von 50 % angesetzt wurde. Der Anteil der Pflegekosten beträgt im durchschnittlichen Jahr bei den Straßenbäume 2 % der jährlichen Gesamtkosten, bei der Dachbegrünung und der Oberflächenumgestaltung im Rahmen von Kanalerneuerungsprojekten jeweils 9 % und bei der Freiflächenbegrünung 18 %. In den ersten Jahren des Umsetzungszeitraumes fallen diese Anteile entsprechend geringer aus und steigen in der zweiten Hälfte des Umsetzungszeitraumes über diese Werte hinaus an. Entsprechend steigen auch die ermittelten Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte mit fortschreitendem Umsetzungszeitraum an.

In Tabelle 18, Tabelle 19 und Tabelle 20 finden sich die Berechnungsergebnisse für die moderaten Umsetzungsszenarien. Insgesamt kann die bremische Wirtschaft bei diesen Umsetzungsumfängen der Begrünungsmaßnahmen mit jährlichen Wertschöpfungseffekten in Höhe von ca. 2,3 Mio. Euro rechnen. Davon entfällt fast die Hälfte auf die Beschäftigteneinkommen der ebenfalls berechneten ca. 46 Arbeitsplätze. Einen nur etwas geringeren Anteil nehmen die Gewinne der ausführenden Unternehmen und ihrer Zulieferer ein. Mit ca. 125.000 Euro profitieren die Stadtgemeinden Bremen und Bremerhaven durch kommunale Steuereinnahmen, die auf die Beschäftigteneinkommen und die Unternehmensgewinne zu zahlen sind. Das ist natürlich nur ein Teil der Steuerzahlungen. Die restlichen Beträge gehen an das Land Bremen und den Bund entsprechend der jeweiligen Verteilung der Gemeinschaftssteuern.

Tabelle 18: Jährliche Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der moderaten Umsetzungsszenarien nach Maßnahmen und Wertschöpfungsbestandteilen, in Euro₂₀₂₂, Beschäftigung in Vollzeitäquivalenten

Maßnahme	Dachbegrünung	Freiflächenbegrünung	Straßenbäume	Oberflächenumgestaltung	Summe
Beschäftigteneinkommen	401.300 €	639.500 €	77.000 €	31.100 €	1.148.900 €
Unternehmensgewinne	402.500 €	530.400 €	64.300 €	25.600 €	1.022.800 €
Kommunale Steuereinnahmen	47.200 €	66.300 €	8.000 €	3.200 €	124.700 €
Gesamte Wertschöpfung	851.000 €	1.236.200 €	149.400 €	59.900 €	2.296.500 €
Beschäftigung (VZÄ)	17,4	24,3	3,3	1,1	46,1

Euro (auf Tsd. Euro gerundet) und Beschäftigung als VZÄ (Vollzeitäquivalente).

Quelle: eigene Berechnungen.

Tabelle 19: Jährliche Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der moderaten Umsetzungsszenarien nach Wirtschaftszweigen und Wertschöpfungsbestandteilen, in Euro₂₀₂₂, Beschäftigung in Vollzeitäquivalenten

Wirtschaftszweig	Bauwirtschaft	Garten- und Landschaftsbaubetriebe	Planungsbüros	Zulieferer	Summe
Beschäftigteneinkommen	580.300 €	351.300 €	34.700 €	182.600 €	1.148.900 €
Unternehmensgewinne	435.500 €	285.400 €	52.600 €	249.300 €	1.022.800 €
Kommunale Steuereinnahmen	56.500 €	35.900 €	5.500 €	26.800 €	124.700 €
Gesamte Wertschöpfung	1.072.300 €	672.600 €	92.800 €	458.800 €	2.296.500 €
Beschäftigung (VZÄ)	20,9	17,7	1,5	6,0	46,1

Euro (auf Tsd. Euro gerundet) und Beschäftigung als VZÄ (Vollzeitäquivalente).

Quelle: eigene Berechnungen.

Tabelle 20: Jährliche Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der moderaten Umsetzungsszenarien nach Maßnahmen und Wirtschaftszweigen, in Euro₂₀₂₂, Beschäftigung in Vollzeitäquivalenten

Wirtschaftszweig	Dachbegrünung	Freiflächenbegrünung	Straßenbäume	Oberflächenumgestaltung	Summe
Bauwirtschaft	326.100 €	661.500 €	46.300 €	38.400 €	1.072.300 €
Garten- und Landschaftsbaubetriebe	309.400 €	284.500 €	72.900 €	5.700 €	672.500 €
Planungsbüros	74.200 €	16.200 €	1.600 €	900 €	92.900 €
Zulieferer	141.300 €	274.000 €	28.600 €	14.900 €	458.800 €
Gesamte Wertschöpfung	851.000 €	1.236.200 €	149.400 €	59.900 €	2.296.500 €
Beschäftigung (VZÄ)	17,4	24,3	3,3	1,1	46,1

Euro (auf Tsd. Euro gerundet) und Beschäftigung als VZÄ (Vollzeitäquivalente).

Quelle: eigene Berechnungen.

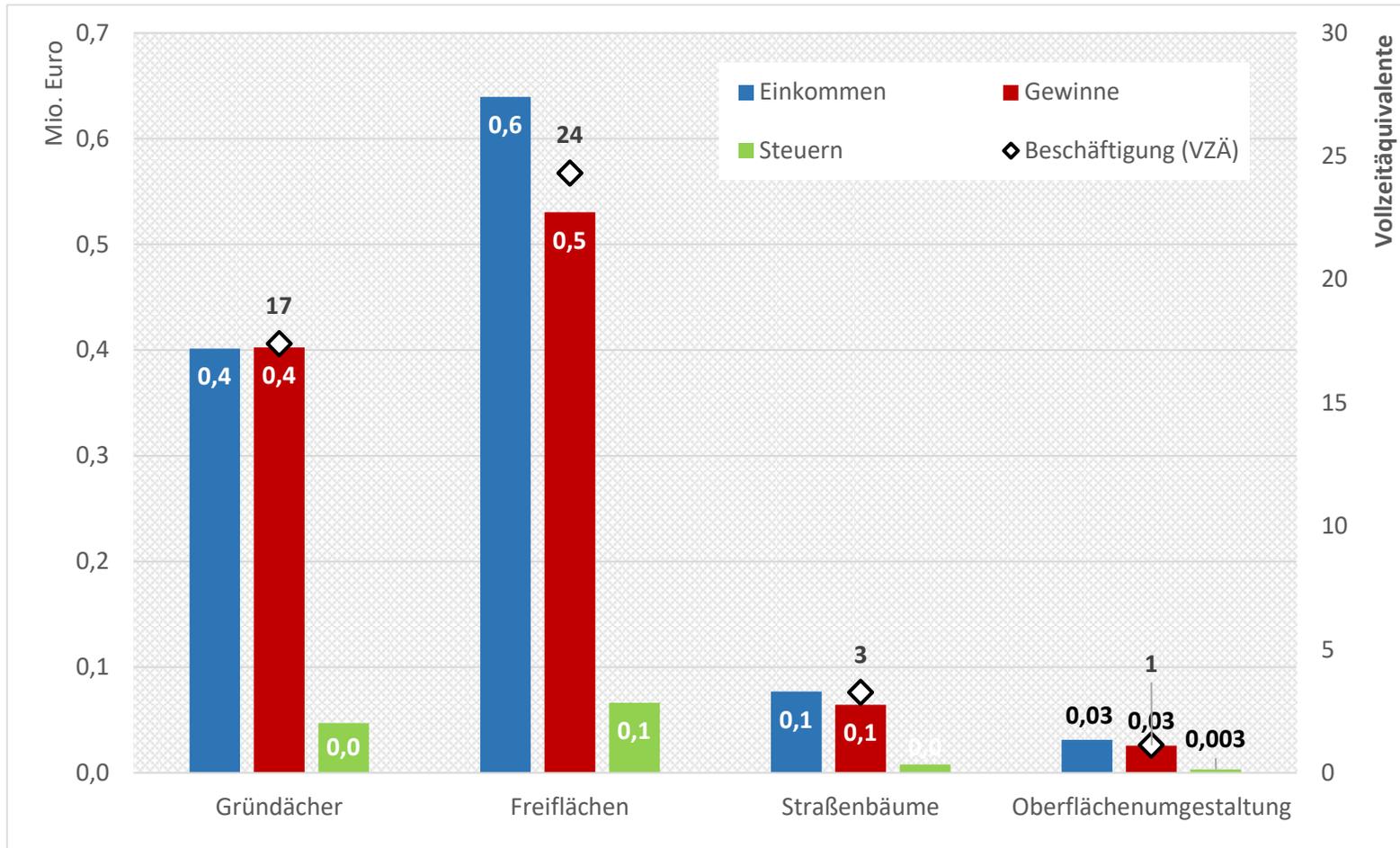


Abbildung 3: Jährliche Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der moderaten Umsetzungsszenarien nach Maßnahmen und Wertschöpfungsbestandteilen, Quelle: eigene Darstellung.

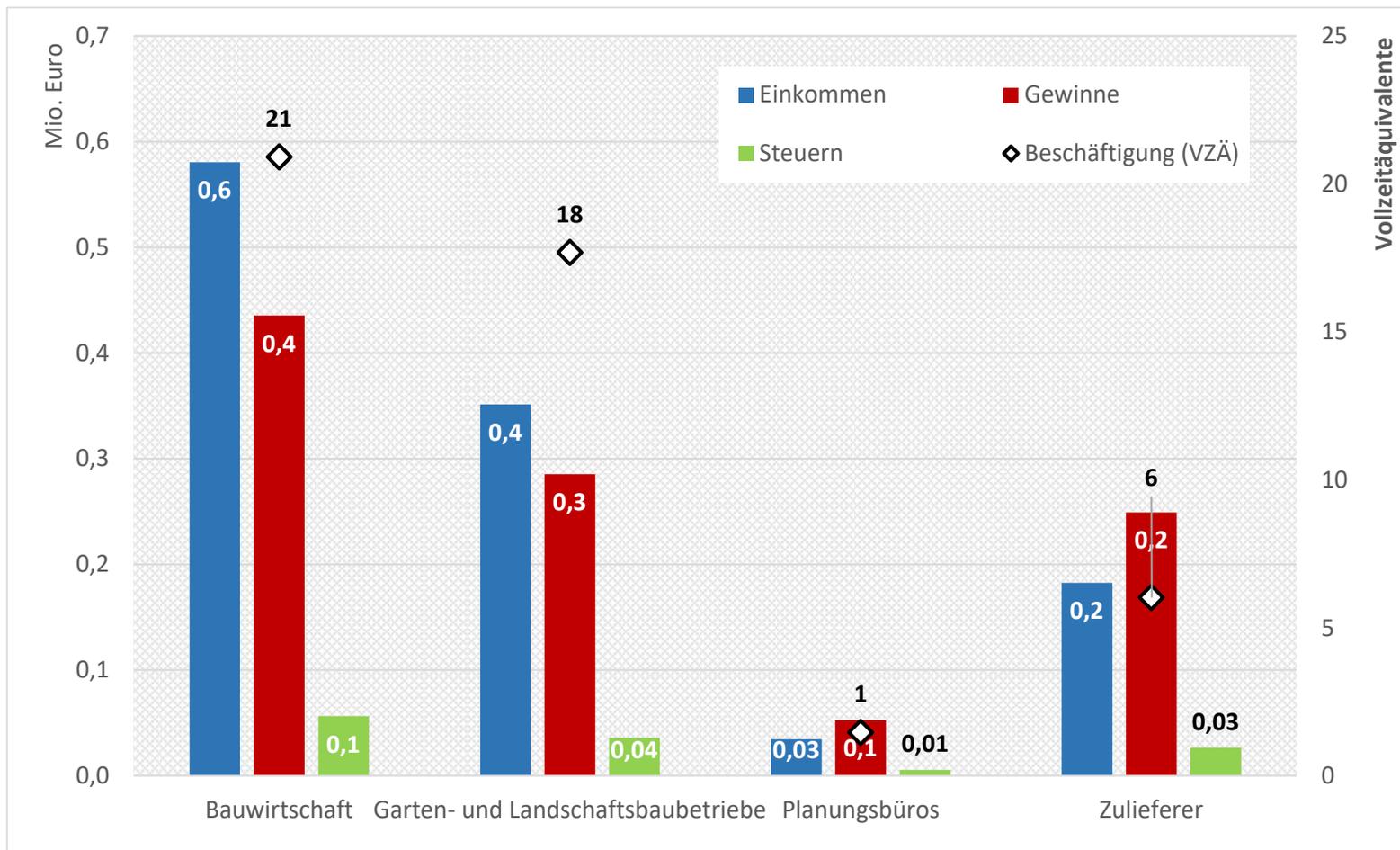


Abbildung 4: Jährliche Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der moderaten Umsetzungsszenarien nach Wirtschaftszweigen und Wertschöpfungsbestandteilen, Quelle: eigene Darstellung.

Mit Blick auf die Verteilung der ermittelten Wertschöpfungseffekte zeigt sich, dass mit jeweils über 40 % bzw. über 50 % ein Großteil der Wertschöpfung durch die Dach- und Freiflächenbegrünungen generiert wird, während die Anpflanzung und Pflege von Straßenbäumen aufgrund des überschaubaren Umsetzungsumfangs und relativ geringer Pflegekosten nur zu knapp 7 % zum Gesamtergebnis beitragen. Die Oberflächenumgestaltung im Rahmen von Kanalerneuerungsprojekten erreicht aufgrund des vergleichsweise deutlich geringen Umsetzungsumfangs nur ca. 3 % der Gesamteffekte. Ein ähnliches Verhältnis ergibt sich bei den Beschäftigungseffekten. Das ist zum einen begründet durch den hohen Anteil der Beschäftigteneinkommen an der gesamten Wertschöpfung, spiegelt aber andererseits auch die vergleichbaren Arbeitsintensitäten der Produktionstätigkeiten zwischen den Maßnahmen wider.

Die Verteilung der ermittelten Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte auf die zentralen Wirtschaftszweige zeigt mit über 45 % die besondere Bedeutung der Bauwirtschaft für die Umsetzung der Maßnahmen auf. Dieser Wirtschaftszweig ist gemessen an den Investitionskosten zu großen Teilen an der Ausführung der Dach- und Freiflächenbegrünung beteiligt und ca. zu einem Drittel auch bei der Anpflanzung der Straßenbäume, weil hier im urbanen Raum von notwendigen Tiefbauarbeiten an unterirdischen Infrastrukturen ausgegangen wird (vgl. Kapitel 3.4). Mit knapp 30 % der gesamten Effekte entfällt der nächstgrößere Anteil auf die Garten- und Landschaftsbaubetriebe, die sowohl die eigentliche Begrünung der Dach- und Freiflächen vornehmen, sowie die Pflege der geschaffenen Grünflächen. Da entsprechend der angenommenen Zielsetzungen der Begrünungsmaßnahmen bis zum Jahr 2030 immer mehr Grünflächen entstehen sollen, werden die Anteile der Pflegekosten an den jährlichen Gesamtkosten steigen (s.o.) und damit auch die Umsätze der Garten- und Landschaftsbaubetriebe, welche die Grünpflege zu 100 % übernehmen. Planungsbüros fließt annahm gemäß nur ein Teil der Investitionskosten der Dachflächenbegrünung zu. Entsprechend klein ist auch ihr Anteil an den Wertschöpfungseffekten in Höhe von 4 %.

Neben diesen Wirtschaftszweigen, welche die Umsetzung der Begrünungsmaßnahmen direkt übernehmen (direkte Effekte), profitieren noch weitere Wirtschaftszweige von den ausgelösten Nachfrageimpulsen, nämlich diejenigen Wirtschaftszweige, welche die Bauwirtschaft, die Garten- und Landschaftsbaubetriebe und die Planungsbüros mit Vorleistungen beliefern (indirekte Erstrundeneffekte). Aber auch diese Zulieferer werden wiederum aus einer Vielzahl weiterer Wirtschaftszweige beliefert usw. (indirekte Zweit- und Mehrrundeneffekte). Diese indirekten Effekte sind in Tabelle 19 als „Zulieferer“ zusammengefasst und vereinen ca. 20 % der insgesamt ermittelten Wertschöpfungseffekte auf sich.

Die Beschäftigungseffekte verteilen sich mit etwas anderen Anteilen für die Wirtschaftszweige. Die Garten- und Landschaftsbaubetriebe kommen hier auf einen Anteil von knapp über 38 %. Das spiegelt das etwas geringere Einkommensniveau in diesem Wirtschaftszweig wider und bedeutet, dass dieser Teil der Ausgaben für die Begrünungsmaßnahmen mit den konkreten Arbeitsleistungen zur Anpflanzung und zur Grünflächenpflege unteren Einkommensgruppen zugutekommt. Die Anteile der Bauwirtschaft und der Planungsbüros sind nur etwas geringer als bei den Wertschöpfungseffekten. Bei den aggregierten Zulieferern ist der Anteil allerdings deutlich geringer. Hier sind also deutlich höhere Einkommensniveaus als bei den Garten- und Landschaftsbaubetrieben vertreten sowie geringere Arbeitsintensitäten in den wirtschaftlichen Tätigkeiten.

In Tabelle 20 werden die Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte nach den Begrünungsmaßnahmen und den beteiligten Wirtschaftszweigen differenziert. Es wird deutlich, dass die Bauwirtschaft bei der Freiflächenbegrünung die höchsten Wertschöpfungseffekte erzielt. Das ist durch den vergleichsweise hohen Umsetzungsumfang der Freiflächenbegrünung begründet und durch den hohen Anteil der Tiefbauarbeiten bei der Verlegung von Rasengittersteinen. Die Garten- und Landschaftsbaubetriebe profitieren zu einem etwas größeren Teil von der Dachflächenbegrünung. Hier sind die

Begrünungsmaßnahmen sowohl bei der extensiven, aber vor allem bei der intensiven Dachbegrünung aufwändiger, als bei der Freiflächenbegrünung und damit auch kostenintensiver. Zudem wurden die Kosten der Grünflächenpflege zu 100 % den Garten- und Landschaftsbaubetrieben zugerechnet. Einen deutlich höheren Anteil als die übrigen Wirtschaftszweige können die Garten- und Landschaftsbaubetriebe auch bei den Straßenbäumen verzeichnen. Hier vereinnahmen sie fast die Hälfte der gesamten Wertschöpfungseffekte. Der Anteil der Zulieferer bzw. der auf vorgelagerten Wertschöpfungsstufen zu verortenden indirekten Wertschöpfungseffekte liegt mit 17 % bis 22 % bei allen Maßnahmen auf einem ähnlich hohen Niveau. Die kleineren Unterschiede ergeben sich durch unterschiedliche Wertschöpfungstiefen und Vorleistungsstrukturen der direkt beteiligten Wirtschaftszweige. Spätestens bei den Mehrrundeneffekten fallen allerdings bei allen Wirtschaftszweigen einer Volkswirtschaft, die in der Input-Output-Tabelle abgebildet werden, Produktionstätigkeiten an, so dass sich hier keine besonderen Abweichungen unter den einzelnen Begrünungsmaßnahmen ergeben.

Unter den Zulieferern profitieren einige Wirtschaftszweige, deren Tätigkeiten zu den wichtigsten Vorleistungen der zentralen Wirtschaftszweige gehören. Das sind bspw. „Dienstleistungen des Grundstücks- und Wohnungswesens“, „Großhandelsleistungen“, „Dienstleistungen der Rechts-, Steuer- und Unternehmensberatung“, „Glas-, -waren, Keramik, bearbeitete Steine und Erden“, „Dienstleistungen der Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften“ und „Dienstleistungen der öffentlichen Verwaltung, der Verteidigung und der Sozialversicherung“. Hier sind wichtige Vorleistungsunternehmen für Bautätigkeiten an Gebäuden und im Bereich öffentlicher Verkehrsflächen vertreten, aber auch Zulieferer von Pflanzsubstraten, welche an Garten- und Landschaftsbaubetriebe geliefert werden. Diese fünf zuliefernden Wirtschaftszweige nehmen bereits ca. zwei Drittel der gesamten unter den Zulieferern ermittelten Wertschöpfungseffekte ein. Die restlichen Wirtschaftszweige liefern also auf der ersten Ebene der Zulieferungen nur zu deutlich geringeren Anteilen Güter und Dienstleistungen an die zentralen Wirtschaftszweige oder kommen auch erst in der nächsten Vorleistungsrunde zum Zuge.

Mit Blick auf die Einkommensverteilung lässt sich festhalten, dass den beteiligten Beschäftigten in der Bauwirtschaft ein durchschnittliches Einkommen im Vergleich zu den restlichen Wirtschaftszweigen zukommt. Die relativ niedrigen Einkommen für die Tätigkeiten in Garten- Landschaftsbaubetrieben dagegen liegen nur knapp im mittleren Drittel der Bandbreite der Einkommensniveaus. Hier profitieren also auch Beschäftigte mit geringeren Einkommen von der Umsetzung der Begrünungsmaßnahmen, sofern dadurch keine anderen Tätigkeiten in diesen Unternehmen verdrängt, sondern neue Stellen geschaffen werden. Die planerischen Tätigkeiten der Architektur- und Ingenieurbüros gehören dagegen zu den oberen 60% in der Bandbreite der Einkommensniveaus zwischen den Wirtschaftszweigen (vgl. die durchschnittlichen Bruttomonatsverdienste in Statistisches Bundesamt 2021).

Tabelle 21, Tabelle 22 und Tabelle 23 geben einen Überblick über die Berechnungsergebnisse für die ambitionierten Umsetzungsszenarien der einzelnen Begrünungsmaßnahmen. Mit 4,7 Mio. Euro gesamter Wertschöpfung und 95 Vollzeitarbeitsplätzen in einem durchschnittlichen Jahr liegen die ermittelten Effekte hier um ca. das Doppelte höher als in den moderaten Umsetzungsszenarien.

Die Anteile der verschiedenen Begrünungsmaßnahmen an den Gesamteffekten verteilen sich ähnlich, wie bei den moderaten Umsetzungsszenarien. Auch hier nehmen die Dach- und die Freiflächenbegrünung die jeweils größten Anteile ein. Daher verteilen sich die Effekte ebenso ähnlich auf die zentralen Wirtschaftszweige wie bei den moderaten Umsetzungsszenarien. Es wird deutlich, dass die regionalökonomischen Effekte aufgrund der linearen Berechnungen direkt mit dem unterstellten Umsetzungsumfang der jeweils bewerteten Szenarien zusammenhängen. Je nach geplantem oder letztlich erreichtem jährlichem Umsetzungsumfang können die Effekte, die sich daraus dann tatsäch-

lich ergeben, auch von den hier vorgestellten Ergebnissen abweichen. Auch eine Verteilung des Umsetzungsumfangs auf den unterstellten Umsetzungszeitraum bis 2030, die nicht gleichmäßig ist, sondern beispielsweise mit geringeren Umfängen startet, um in den letzten Jahren deutlich mehr Flächen zu begrünen, führt zu einem anderen Niveau der hier für ein durchschnittliches Jahr berechneten Effekte.

Tabelle 21: Jährliche Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der ambitionierten Umsetzungsszenarien nach Maßnahmen und Wertschöpfungsbestandteilen, in Euro₂₀₂₂, Beschäftigung in Vollzeitäquivalenten

Maßnahme	Dachbegrünung	Freiflächenbegrünung	Straßenbäume	Oberflächenumgestaltung	Summe
Beschäftigteneinkommen	802.500 €	1.278.900 €	142.500 €	124.300 €	2.376.400 €
Unternehmensgewinne	804.900 €	1.060.900 €	170.700 €	102.400 €	2.110.700 €
Kommunale Steuereinnahmen	94.500 €	132.600 €	17.800 €	12.800 €	257.700 €
Gesamte Wertschöpfung	1.701.900 €	2.472.400 €	331.000 €	239.600 €	4.744.900 €
Beschäftigung (VZÄ)	34,8	48,6	7,2	4,5	95,1

Euro (auf Tsd. Euro gerundet) und Beschäftigung als VZÄ (Vollzeitäquivalente).

Quelle: eigene Berechnungen.

Tabelle 22: Jährliche Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der ambitionierten Umsetzungsszenarien nach Wirtschaftszweigen und Wertschöpfungsbestandteilen, in Euro₂₀₂₂, Beschäftigung in Vollzeitäquivalenten

Wirtschaftszweig	Bauwirtschaft	Garten- und Landschaftsbaubetriebe	Planungsbüros	Zulieferer	Summe
Beschäftigteneinkommen	1.122.300 €	704.100 €	68.800 €	481.200 €	2.376.400 €
Unternehmensgewinne	847.000 €	572.000 €	104.500 €	587.200 €	2.110.700 €
Kommunale Steuereinnahmen	109.600 €	72.000 €	11.000 €	65.100 €	257.700 €
Gesamte Wertschöpfung	2.078.900 €	1.348.100 €	184.300 €	1.133.600 €	4.744.900 €
Beschäftigung (VZÄ)	40,5	35,4	2,9	16,2	95,1

Euro (auf Tsd. Euro gerundet) und Beschäftigung als VZÄ (Vollzeitäquivalente).

Quelle: eigene Berechnungen.

Tabelle 23: Jährliche Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der ambitionierten Umsetzungsszenarien nach Maßnahmen und Wirtschaftszweigen, in Euro₂₀₂₂, Beschäftigung in Vollzeitäquivalenten

Wirtschaftszweig	Dachbegrünung	Freiflächenbegrünung	Straßenbäume	Oberflächenumgestaltung	Summe
Bauwirtschaft	652.100 €	1.323.000 €	103.700 €	153.600 €	2.232.400 €
Garten- und Landschaftsbaubetriebe	618.900 €	569.000 €	160.300 €	23.000 €	1.371.200 €
Planungsbüros	148.500 €	32.300 €	3.500 €	3.500 €	187.800 €
Zulieferer	282.400 €	548.100 €	63.500 €	59.500 €	953.500 €
Gesamte Wertschöpfung	1.701.900 €	2.472.400 €	331.000 €	239.600 €	4.744.900 €
Beschäftigung (VZÄ)	34,8	48,6	7,2	4,5	95,1

Euro (auf Tsd. Euro gerundet) und Beschäftigung als VZÄ (Vollzeitäquivalente).

Quelle: eigene Berechnungen.

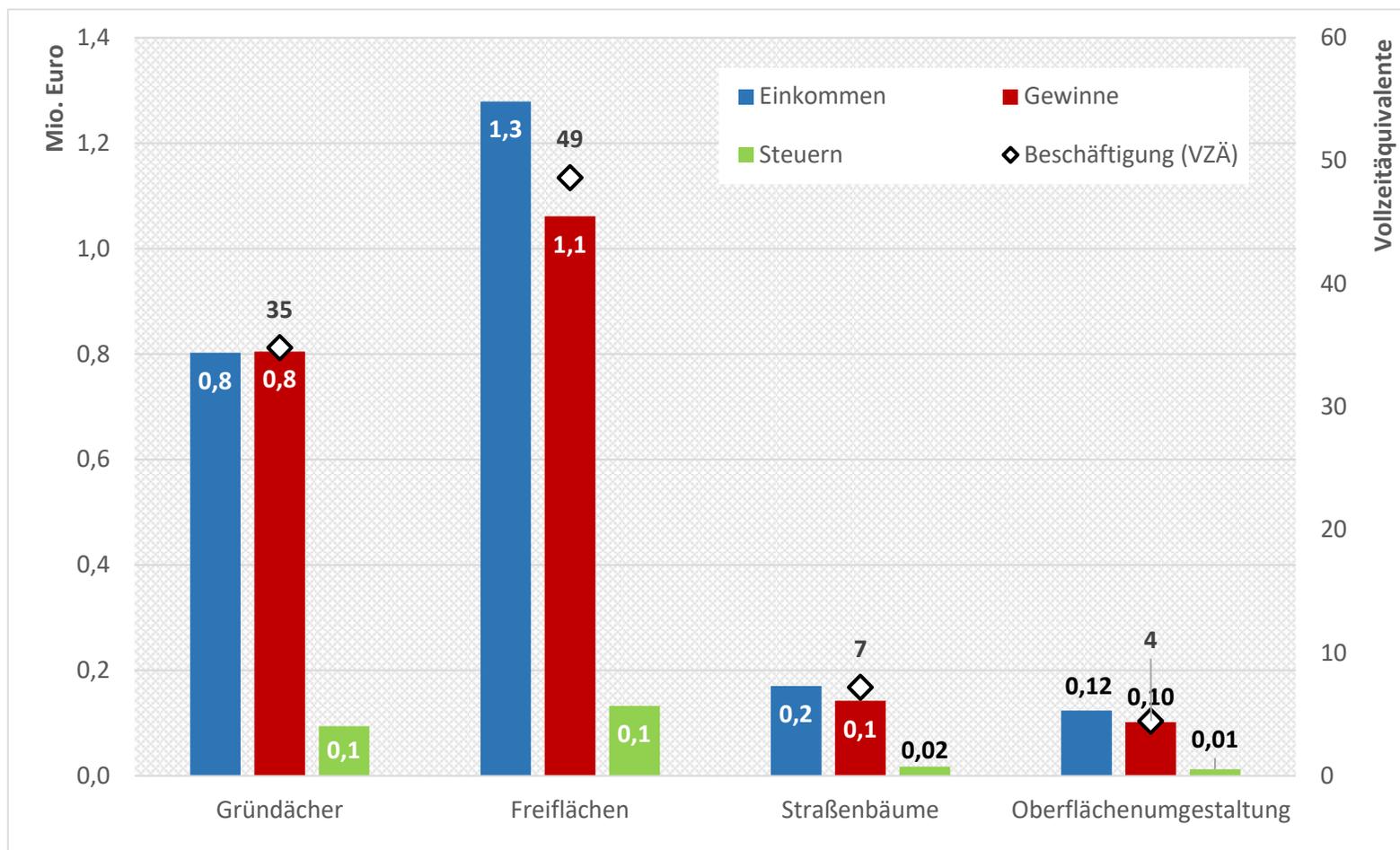


Abbildung 5: Jährliche Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der ambitionierten Umsetzungsszenarien nach Maßnahmen und Wertschöpfungsbestandteilen, Quelle: eigene Darstellung.

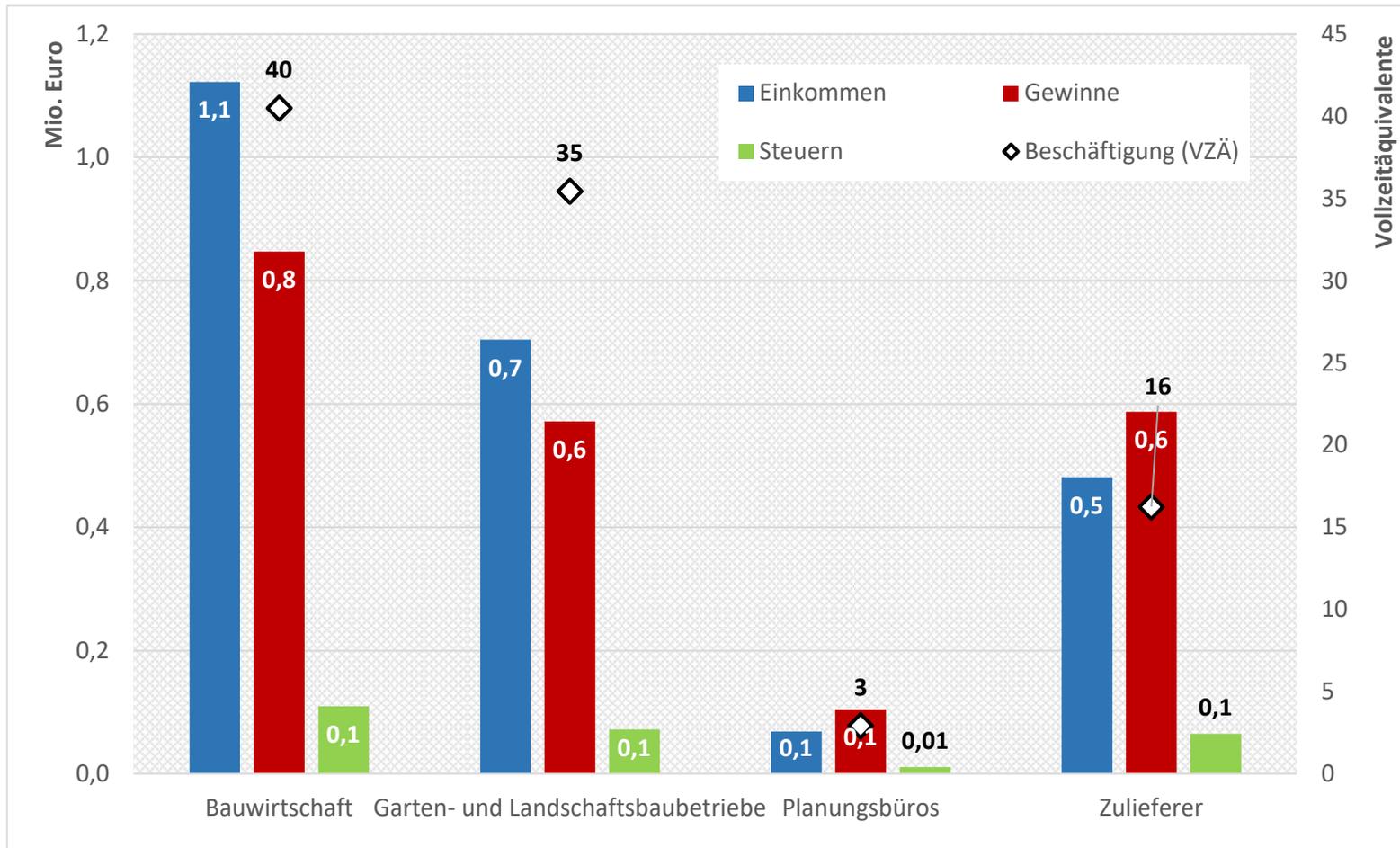


Abbildung 6: Jährliche Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der ambitionierten Umsetzungsszenarien nach Wirtschaftszweigen und Wertschöpfungsbestandteilen, Quelle: eigene Darstellung.

6. Fazit zu regionalökonomischen Effekten grüner Klimaanpassungsmaßnahmen in Bremen

In der vorliegenden Arbeit wurden Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte als zentrale Kennzahlen herangezogen, um die Nutzenseite der Klimaanpassungsmaßnahmen aus regionalwirtschaftlicher Perspektive zu beleuchten. Diese Analyseergebnisse sind dabei nicht Teil der gesamtwirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Analyse, die parallel vorgenommen wurde. Die regionalwirtschaftlichen Effekte können demnach als zusätzliche Effekte verstanden werden, die sich direkt aus den Maßnahmenkosten ergeben und deren Umfang abhängig ist vom regionalen Anteil der Unternehmen, welche die Maßnahmen umsetzen und von der Verflechtungsstruktur der bremischen Wirtschaft.

Der bremischen Verflechtungsstruktur wurde Rechnung getragen, indem ein derivatives Verfahren zur Ableitung einer regionalen Input-Output-Tabelle auf Basis bundeslandspezifischer Beschäftigungsdaten und der nationalen Input-Output-Tabelle des Statistisches Bundesamtes angewandt wurde. Die Eingangsdaten der modellbasierten Analyse bestehen aus den Investitions- und Pflegekosten ausgewählter Begrünungsmaßnahmen und weitere Maßnahmen zur wassersensiblen Oberflächengestaltung. Die Auswahl der zu bewertenden Maßnahmen, die Festlegung der Maßnahmenumfänge und die Datenbeschaffung und -validierung konnte dabei vom Austausch mit Praxisakteuren aus der Wirtschaft und der bremischen Senatsverwaltung in einer mehrteiligen Workshopreihe profitieren.

Im Ergebnis können laut Modellrechnung in einem durchschnittlichen Jahr 2,3 Mio. Euro Wertschöpfung und 46 Vollzeitarbeitsplätze bei einem moderaten Umsetzungsszenario und bis zu 4,7 Mio. Euro und 95 Vollzeitarbeitsplätze bei einem ambitionierten Umsetzungsszenario im Bundesland Bremen generiert werden. Diese Größenordnungen betragen 0,006 % bzw. 0,012 % gemessen am Bruttoinlandsprodukt des Bundeslandes Bremen im Jahr 2022 (Statistische Ämter des Bundes und der Länder - Gemeinsame Statistikportal 2023) und fallen also mit Blick auf die gesamte bremische Wirtschaft nicht sehr hoch aus. Dennoch sind diese Größenordnungen als regionalwirtschaftlich relevant einzustufen, vor allem, weil sie jährlich über den Umsetzungszeitraum von 10 Jahren anfallen und die Pflegekosten auch nach dem Erreichen der anvisierten Grünflächenanteile weiterhin zu Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten führen.

Ein Großteil der Effekte fällt bei der Umsetzung zusätzlicher Dach- und Freiflächenbegrünungen und den jährlichen Pflegearbeiten an, weil hier sowohl die flächenspezifischen Investitionskosten am höchsten sind, als auch die größten Umsetzungsumfänge unterstellt werden. Ein kleinerer Teil entfällt auf die Anpflanzung und Pflege zusätzlicher Straßenbäume und auf die wassersensible Oberflächengestaltung im Rahmen von Kanalsanierungsarbeiten.

Diese regionalwirtschaftlich positiven Effekte ergeben sich aus den Umsätzen derjenigen Unternehmen, welche die Begrünungsmaßnahmen umsetzen, also größtenteils Bauunternehmen und Garten- und Landschaftsbaubetriebe. Weitere Wirtschaftszweige profitieren in weiteren Vorleistungsrunden. Diese Umsätze sind aber zugleich Kosten bei denjenigen Akteuren, welche die Begrünungsmaßnahmen bezahlen, wie bspw. die öffentliche Hand oder private Gebäude- und Freiflächeneigentümer*innen. Da in einer modernen arbeitsteiligen und regional und international vernetzten Volkswirtschaft ein großer Teil wirtschaftlicher Tätigkeiten mit Vorleistungsbezügen aus anderen Regionen verbunden ist, verbleiben die Kosten für die Maßnahmenumsetzung nicht vollständig im bremischen Wirtschaftskreislauf, sondern fließen als Teil der Wertschöpfung an andere Regionen ab. Dennoch können die ermittelten Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte, die in Bremen verbleiben, als zu-

sätzlicher regionalwirtschaftlicher Nutzen verstanden werden und dazu beitragen, die teilweise einseitige Hervorhebung der Maßnahmenkosten um einen wichtigen wirtschaftlichen Nutzenaspekt zu ergänzen.

Die Analysen können in weiteren Forschungsarbeiten ergänzt werden, um genauere Untersuchungen zu den regionalwirtschaftlichen Verflechtungen bremischer Akteure mit umliegenden Regionen oder auch zu Steuerrückflüssen aus Förderprogrammen, welche letztlich die hier beschriebenen Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte auslösen können. Solche Detailinformationen können regionalen Entscheidungsträger*innen dabei helfen, Klimaanpassungsmaßnahmen zu priorisieren, auszugestalten und zu finanzieren.

7. Literaturverzeichnis

- Amt für Straßen und Verkehr der Freien Hansestadt Bremen (2019): Das Amt für Straßen und Verkehr. *Freie Hansestadt Bremen*. Website: https://www.asv.bremen.de/das_amt-1464 (Zugriff: 25. September 2019).
- Baustoffwissen.de (2017): Rigolen-Systeme aus Kunststoff. *www.baustoffwissen.de*. Website: <https://www.baustoffwissen.de/baustoffe/baustoffknowhow/entwaesserung/regenwasserversickerung-rigolen-kunststoff-gesplittete-abwassergebuehr-entwasesserungstechnik/> (Zugriff: 7. März 2021).
- Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (2005): Naturnahe Entwässerung von Verkehrsflächen in Siedlungen.
- Behörde für Umwelt und Energie, Freie und Hansestadt Hamburg (2017): Hamburgs Gründächer - eine ökonomische Bewertung. <https://www.hamburg.de/content-blob/9784460/03dd8c1261391a8f75bcdc301431ca2a/data/d-eine-oeconomische-berwertung.pdf>.
- Benden, Jan und Robert Broesi (2015): Hamburger Regelwerke für Planung und Entwurf von Stadtstraßen - Wissensdokument Hinweise für eine wassersensible Straßenraumgestaltung. Hg. v. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation, Amt für Verkehr und Straßenwesen, Abteilung VI Infrastruktur, Referat VI 1 - Grundlagen des Straßenwesens. <https://www.hamburg.de/content-blob/4458538/2d89eeb5db6269e28ade344430a08bc9/data/wassersensible-strassenraumgestaltung.pdf>.
- Bundesagentur für Arbeit (2018): Sozialversicherungspflichtig und geringfügig Beschäftigte. *Bundesagentur für Arbeit Statistik*. Website: <https://statistik.arbeitsagentur.de/Navigation/Statistik/Statistik-nach-Themen/Beschaeftigung/Beschaeftigte/Beschaeftigte-Nav.html> (Zugriff: 9. Oktober 2018).
- Eschenbruch, Heribert (2012): Neue Kennzahlen - Daten für die Erstellung und Unterhaltung von Grünanlagen. *Stadt+Grün*, Nr. 09/2012: 7–11.
- F:DATA GMBH (2019): Baupreislexikon - aktuelle Baupreise und Baukosten für Ihre Region. Website: <http://www.baupreislexikon.de/>.
- Flegg, A.T. und C.D. Webber (1995): On the Appropriate Use of Location Quotients in Generating Regional Input-Output Tables. *Regional Studies* 29, Nr. Nr. 6: 547–561.
- Freie Hansestadt Bremen (2016): Landschaftsprogramm Bremen 2015. https://www.lapro-bremen.de/assets/Lapro-Plan/Karten_Plaene/01_Lapro_Textband_Pub_1604_small.pdf.
- Freie Hansestadt Bremen (2019): Ortsgesetz über die Begrünung von Freiflächen und Flachdachflächen in der Stadtgemeinde Bremen (Begrünungsortsgesetz Bremen). https://www.transparenz.bremen.de/sixcms/detail.php?gsid=bremen2014_tp.c.130984.de&asl=bremen203_tpgesetz.c.55340.de&template=20_gp_ifg_meta_detail_d.
- hanseWasser Bremen GmbH (2019): Das Bremer Kanalnetz. *hanseWasser*. Website: <https://www.hansewasser.de/wir-fuer-bremen/daseinsvorsorge-fuer-die-stadt/bremer-kanalnetz/> (Zugriff: 25. September 2019).
- Hirschl, Bernd, Katharina Heinbach, Andreas Prah, Steven Salecki, André Schröder, Astrid Aretz und Julika Weiß (2015): Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien. Ermittlung der Effekte auf Länder- und Bundesebene. *Schriftenreihe des IÖW* 210 (Dezember). https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/Schriftenreihen/IOEW_SR_210_Wertsch%C3%B6pfung_durch_erneuerbare_Energien_auf_Landes-_und_Bundesebene.pdf (Zugriff: 25. Juli 2022).
- Holub, Hans-Werner und Hermann Schnabl (1994): *Input-Output-Rechnung: Input-Output-Tabellen*. 3. Aufl. München: Oldenbourg.
- Kuhn, Alexander (2010): Input-Outputrechnung im Überblick. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/VolkswirtschaftlicheGesamtrechnungen/InputOutputRechnung/InputOutputRechnungUeberblick5815116099004.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff: 23. November 2015).
- Pfoser, Nicole, Nathalie Jenner, Johanna Henrich, Jannik Heusinger und Stephan Weber (2013): Gebäude Begrünung Energie Potenziale und Wechselwirkungen. <https://www.baufachinforma->

- tion.de/mobil/kosten-
los.jsp?sid=EOE76349126D7D115FBD2DEBC45E6878&id=&link=http%3A%2F%2Fwww.irb-
net.de%2Fdaten%2Frswb%2F13109006683.pdf.
- Rupp, Johannes, Katharina Heinbach, Astrid Aretz und André Schröder [IÖW] (2017): Ermittlung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte in drei ausgewählten Bioenergie-Regionen. Hg. v. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung. https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/2018/IOEW_SR_214_Wertsch%C3%B6pfung_und_Besch%C3%A4ftigung_in_Bioenergie-Regionen.pdf.
- Schröder, André und Karl Zimmermann (2014): Erstellung regionaler Input-Output-Tabellen - Ein Vergleich existierender Ansätze und ihre Anwendung für die deutsche Ostseeküste. http://www.ioew.de/fileadmin/_migrated/tx_ukioewdb/RADOST-Bericht_33_Regionale_Input-Output-Tabellen.pdf.
- Senator für Umwelt, Bau und Verkehr (2018): Klimaanpassungsstrategie Bremen Bremerhaven Langfassung. https://www.bauumwelt.bremen.de/sixcms/media.php/13/Klimaanpassungsstrategie_HB_BHV_2018_BILDSCHIRMANSICHT_WEB.pdf.
- Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau (2023): Gründachkataster Bremen. *Gründachkataster Bremen*. Website: <https://www.gruendach.bremen.de/#s=startscreen> (Zugriff: 26. April 2023).
- Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau (2023): Handlungskonzept Stadtbäume - Evaluierung der Baumkosten. <https://www.bauumwelt.bremen.de/sixcms/media.php/13/Evaluierung%20der%20Baumkosten.pdf>.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder - Gemeinsame Statistikportal (2023): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder - Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung. <https://www.statistikportal.de/de/vgrdl/ergebnisse-laenderebene/bruttoinlandsprodukt-bruttowertschoepfung/bip#9517>.
- Statistisches Bundesamt (2008): Klassifikation der Wirtschaftszweige. https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/GueterWirtschaftsklassifikationen/klassifikationwz2008_erl.pdf;jsessionid=9A7E631954B3F03A9C1A5B4964BA5E17.Internet-Live2?__blob=publicationFile.
- Statistisches Bundesamt (2018a): VGR des Bundes - BIP, Bruttonationaleinkommen, verfügbares Einkommen, Finanzierungssaldo der Volkswirtschaft: Deutschland, Jahre. *GENESIS-Online*. Website: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online> (Zugriff: 11. Oktober 2018).
- Statistisches Bundesamt (2018b): VGR des Bundes - Arbeitnehmerentgelt, Löhne und Gehälter (Inländerkonzept): Deutschland, Jahre. *GENESIS-Online*. Website: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online> (Zugriff: 11. Oktober 2018).
- Statistisches Bundesamt (2019): VGR des Bundes - Nettobetriebsüberschuss (nominal). *GENESIS-Online*. Website: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online> (Zugriff: 23. Oktober 2019).
- Statistisches Bundesamt (2021): Bruttoverdienste, Wochenarbeitszeit: Deutschland, Quartale, Wirtschaftszweige, Leistungsgruppen, Geschlecht. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>.
- Statistisches Bundesamt (2023): Preisindizes für die Bauwirtschaft. https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Baupreise-Immobilienpreisindex/Publikationen/Downloads-Bau-und-Immobilienpreisindex/bauwirtschaft-preise-2170400223244.pdf?__blob=publicationFile#:~:text=F%C3%BCr%20Dachdeckungs%2D%20und%20Dachabdichtungsarbeiten%20erh%C3%B6hten,um%2017%2C8%20%25%20zu.
- Vogt, Valentin (2011): Schätzung regionaler Exporte und Importe als Vorarbeit zu einer Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg. *Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg*, Nr. 02/2011. http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/veroeffentl/Monatshefte/PDF/Beitrag11_02_08.pdf (Zugriff: 13. November 2013).
-