BRESILIENT

KLIMAFOLGEN KENNEN UND VORBEREITUNGEN TREFFEN

Kosten und Nutzen von grünen Klimaanpassungsmaßnahmen in Bremen: **Fokus Dach- und Freiflächenbegrünung**

Fact Sheet | Juli 2020

Foto: Bernd Schneider

Die Klimaanpassungsstrategie für Bremen und Bremerhaven[1] identifiziert u. a. zehn Schlüsselmaßnahmen für die Stadtgemeinde Bremen. Hierzu gehört die „Strategie für eine Dach- und Freiflächenbegrünung" für eine zusätzliche extensive und intensive Dachbegrünung im Gebäudebestand sowie eine zusätzliche Entsiegelung und Begrünung auf Wohn- und Gewerbeflächen. Begrünte Dach- und Freiflächen werten das Stadtbild auf und bieten Raum für vielfältige Pflanzen- und Tierarten; sie halten Regenwasser zurück und können so die Kanalisation bei Starkregenereignissen entlasten. Außerdem binden die Pflanzen Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Luftschadstoffe. Sie wirken sich positiv auf das Mikroklima aus. Intensive Dachbegrünungen können zusätzlich für Erholung und Freizeit genutzt werden. In diesem Fact Sheet werden die Investitions- und Pflegekosten für Dach- und Freiflächenbegrünung in Bremen deren Nutzen gegenübergestellt. Ein weiteres Fact Sheet gibt Auskunft zu Kosten und Nutzen von Straßenbäumen. Ein übergeordnetes Rahmen-Fact Sheet gibt einen Gesamtüberblick über die Kosten-Nutzen-Analyse für ausgewählte grüne Schlüsselmaßnahmen der Bremer Klimaanpassungsstrategie.

Begrünung von Dach- und Freiflächen in Bremen kurz & knapp

In Bremen sind gegenwärtig ca. 1.000 bzw. ca. 0,3 % aller **Dächer begrünt**. Grundsätzlich sind für Begrünung 17 Mio. m² Dachfläche (teils bedingt) geeignet, davon ca. 5 Mio. m² auch hinsichtlich der Statik.[2]

Extensiv begrünte Dachfläche kann über die Lebensdauer pro m² ca. 2,4 kg Kohlenstoffdioxid (CO_2) zurückhalten und nochmals ca. 4,4 kg CO_2 durch Wärmedämmung vermeiden. Auch werden pro m² extensiv begrünter Dachfläche ca. 300 g Luftschadstoffe zurückgehalten.

Extensiv begrünte Dachfläche kann bei außergewöhnlichem Starkregen ca. 10 l Regenwasser pro m² zurückhalten, intensiv begrünte Dachfläche 40 l pro m² und Freiflächen 30 l pro m².

Eine repräsentative Bevölkerungsumfrage in Bremen ergab, dass mit durchschnittlich 30 € pro Jahr die hypothetische Zahlungsbereitschaft der Bremer/innen pro m² intensiver Dachbegrünung deutlich höher ist als mit 7 € pro Jahr für extensive Dach- und 4 € pro Jahr für Freiflächenbegrünung.

Autor/innen:
Dr. Alexandra Dehnhardt,
Malte Welling,
Dr. Steven Salecki,
Josephin Wagner,
Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Foto: Henry Fried

Kosten und Nutzen zusätzlicher begrünter Dach- und Freiflächen in Bremen

© Richard P Long/Shutterstock.com

Szenarienentwicklung

In einer **Workshop-Reihe** wurde gemeinsam mit Bremer Verwaltungs- und Praxisakteuren für zwei Umsetzungsszenarien ein möglicher Umfang für zusätzliche intensive und extensive Dachbegrünungen sowie entsiegelte und begrünte Freiflächen festgelegt.

Das **moderate Szenario** umfasst **bis 2030** zusätzliche **7.050 m² intensiv begrünte Dachflächen, 211.250 m² extensiv begrünte Dachflächen** und **594.800 m² entsiegelte und begrünte Freiflächen im Wohn- und Gewerbebereich**. Dieser Maßnahmenumfang wird im Rahmen der Umsetzung der Klimaanpassungsstrategie als sinnvoll und sehr wahrscheinlich realisierbar angesehen.

Das **ambitionierte Szenario** umfasst **bis 2030** zusätzliche **14.100 m² intensiv begrünte Dachflächen, 422.500 m² extensiv begrünte Dachflächen** und **1,19 Mio. m² entsiegelte und begrünte Freiflächen im Wohn- und Gewerbebereich**. Dieser ehrgeizigere Maßnahmenumfang legt eine darüber hinaus gehende Erschließung der Potenziale im betrachteten Bereich zugrunde.

Der gegenwärtige **Grünflächenbestand im Wohn- und Gewerbebereich** und die Fläche, die potenziell für eine Entsiegelung und Begrünung geeignet wäre, sind nicht bekannt, da es sich meist um private Grundstücke handelt. Die flächenbezogenen Effekte einer Begrünung sind vom Umsetzungsort jedoch unabhängig.

Beide Szenarien beziehen sich auf **Dachbegrünungen im Bestand** - nicht auf Neubauten. Daher werden bei der Kostenbewertung nur die Gesamtkosten der Begrünung einbezogen.

Kostenbewertung zusätzlicher Dach- und Freiflächenbegrünung

Die Auswertung der Dachgrünförderung des Umweltbetriebs Bremen ergibt **Investitionskosten** in Höhe von ca. **94 €/m² für die extensive Dachbegrünung** und ca. **113 €/m² für die intensive Dachbegrünung**. Für die **Freiflächenbegrünung** mit 60 % Rasengittersteinen und 40 % Wiesen und Sträuchern fallen ca. **42 €/m²** für die Investition an.

Die **jährlichen Pflegekosten** betragen ca. **1,97 €/m² für extensive Dachgrünflächen** und **4,79 €/m² für intensive Dachgrünflächen** sowie **1,84 €/m² für Freiflächenbegrünung**.

Im moderaten Szenario **betragen die jährlichen Pflanzkosten ca. 4,8 Mio. €** und die durchschnittlichen jährlichen Pflegekosten ca. 771.000 €.

Im ambitionierten Szenario **betragen die jährlichen Pflanzkosten ca. 9,5 Mio. €** und die durchschnittlichen jährlichen Pflegekosten ca. 1,5 Mio. €.

Nutzenbewertung zusätzlicher Dach- und Freiflächenbegrünung

Der vielseitige Nutzen von zusätzlichen Begrünungsmaßnahmen für die Gesellschaft findet sich nicht in Marktpreisen wieder. Daher kann ihr Wert nicht direkt erfasst werden, wie es für ihre Kosten der Fall ist. Um Kosten und Nutzen von Begrünungsmaßnahmen dennoch zu vergleichen, können die nicht-marktlichen Effekte begrünter Dach- und Freiflächen mit verschiedenen Methoden bewertet werden.

Rückhalt von Regenwasser

Begrünte Dach- und Freiflächen können durch die Versickerungs- und Verdunstungsleistung Regenwasser zurückhalten und zur **Reduktion von Abflussspitzen bei Starkregenereignissen** beitragen.[3] Dies kann die örtliche Kanalisation entlasten. Durch ihre höhere Substratstärke können insbesondere intensiv begrünte Dächer einen hohen Anteil des Regenwassers (ca. 80 %) zurückhalten.[4] Der potenziell vermiedene Oberflächenabfluss wurde auf Basis einer angenommenen Regenspende von etwa 123 Litern pro Sekunde und Hektar ermittelt. Weiterhin unterscheiden sich Flächenbegrünungen in ihrem Abflussbeiwert, der das Verhältnis des Regenabflusses zum Gesamtniederschlag ausdrückt.* Extensiv begrünte Dachflächen können bei einem solchen Starkregenereignis etwa 10 l Regenwasser/m² zurückhalten, intensiv begrünte Dachflächen etwa 40 l/m² und begrünte Freiflächen etwa 30 l/m². Die ökonomische Bewertung des Wasserrückhalts basiert auf dem **Ersatzkostenansatz**. Dabei wird der Geldbetrag ermittelt, der für eine technische Alternative aufzuwenden wäre, um eine bestimmte Leistung zu ersetzen. Im Projekt BREsilient entspricht dies den potenziellen Kosten einer Regenwasserrückhalteanlage, die dieselbe Menge an Regenwasser zurückhält.

* Annahmen zum Wasserrückhalt auf Grundlage des Abflussbeiwertes: 30 % bei Extensivbegrünungen, 80 % bei Intensivbegrünungen, knapp 70 % bei Freiflächen im Wohn- und Gewerbebereich (40% Grünfläche, 60% Rasengitterstein)[5]

Rückhalt und Vermeidung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen

Gräser, Moos, Kraut, Stauden, Sträucher oder Bäume auf begrünten Dach- und Freiflächen speichern in ihrer Biomasse Kohlenstoff. Diese langfristige Kohlenstoffbindung durch Photosynthese bewirkt eine **Reduzierung des klimaschädlichen Kohlenstoffdioxids (CO_2) in der Luft**.

Auf Basis einer Literaturanalyse wurden durchschnittliche Bepflanzungsszenarien für Dach- und Freiflächen festgelegt sowie ihr jährliches Wachstum und die Biomassezunahme geschätzt. So wurde der **jährlich aufgenommene Kohlenstoffgehalt pro m² begrünter Fläche** ermittelt und in CO_2 umgerechnet.[5] Eine Minimal-, eine mittlere und eine Maximalschätzung drücken die Datenunsicherheit aus. Zum Beispiel nimmt ein m² intensive Dachbegrünung über eine 40-jährige Lebensdauer minimal 3,6 kg CO_2, im Mittel 4,8 kg CO_2 und maximal 5,6 kg CO_2 auf.[6]

Eine weitere Leistung von begrünten Dach- und Freiflächen ist der **Rückhalt der Luftschadstoffe** Feinstaub (PM_{10}), Ozon (O_3), Stickstoffdioxid (NO_2) und Schwefeldioxid (SO_2). Diese können zu **Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen** führen.

Zahlreiche Studien schätzen, dass **ein m² begrünter Freifläche im Jahr mindestens 1 g PM_{10} zurückhalten kann**, im Mittel 5 g und maximal 11 g.[7]

Die ökonomische Bewertung beider Effekte basiert auf dem **Schadenskostenansatz**. Dabei wird der monetäre Schaden bewertet, der entstehen würde, wenn die Menge CO_2 oder Luftschadstoffe nicht auf den begrünten Flächen zurückgehalten wird (z. B. 180 € pro Tonne CO_2).[8]

Nach Diskontierung (siehe gelber Kasten auf S. 4) beträgt der geschätzte **Wert des CO_2-Rückhalts** über die Lebensdauer 2-13 €/m² begrünter Freifläche (im Mittel 6 €).

Der diskontierte **ökonomische Wert des Rückhalts von Luftschadstoffen** (PM_{10}, NO_2 und SO_2 zusammen) beträgt über die Lebensdauer 2-21 €/m² begrünter Freifläche (im Mittel 10 €).

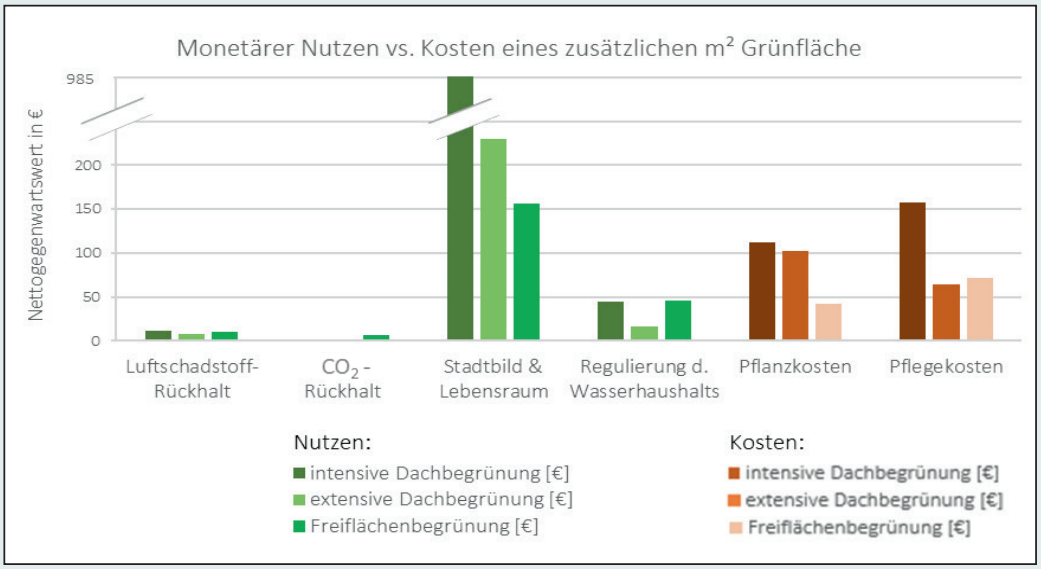
Wert für Stadtbild und Lebensraum

Begrünte Dach- und Freiflächen **verschönern das Stadtbild, fördern die körperliche und mentale Gesundheit der Bürger/innen, erhöhen die Aufenthaltsqualität und tragen als Lebensraum zur Artenvielfalt bei.**

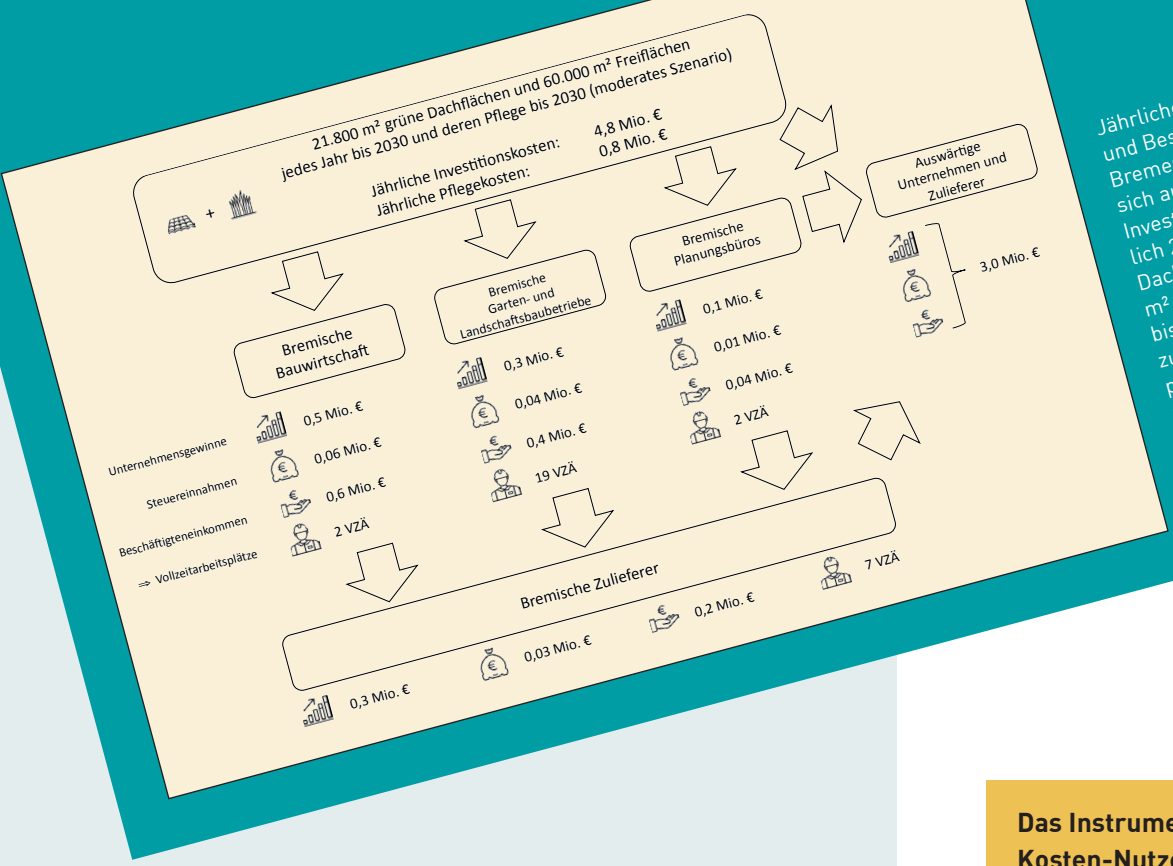
Um den Nutzen dieser kulturellen Leistung zu bewerten, führte das IÖW im Rahmen einer **repräsentativen Bevölkerungsumfrage mit 797 Bremer/innen ein „Choice Experiment"** durch (vgl. Karte auf Seite 4). Dabei wählten die Befragten zwischen verschiedenen möglichen Kombinationen zusätzlicher grüner Maßnahmen wie Straßenbäume, Gründächer und Grünflächen die von ihnen bevorzugte. Je nach Ausmaß der Begrünung waren die Kombinationen mit unterschiedlich hohen hypothetisch zu zahlenden jährlichen Beiträgen verbunden, welche die Stadt für die Ausweitung und Pflege des Grüns einsetzen würde.

Mit statistischen Modellen wurde ermittelt, wieviel die Bremer/innen für eine Ausweitung des städtischen Grüns zu zahlen bereit wären. Diese hypothetischen **Zahlungsbereitschaften** drücken **als monetäres Maß der Wertschätzung der Stadtbevölkerung** einen weiteren Nutzen begrünter Dach- und Freiflächen aus.

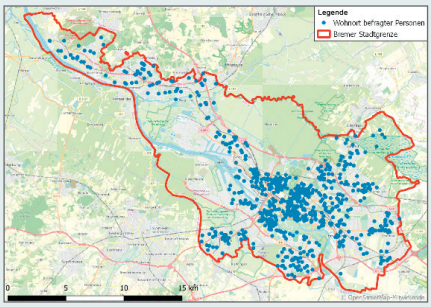
Unter den Grünflächen zeigte sich eine besonders hohe Wertschätzung für intensive Dachbegrünung: Die Bremer/innen wären hypothetisch dazu bereit, im Durchschnitt 19 € pro Person im Jahr für 1 % mehr begrünter Dächer im Stadtgebiet zu zahlen. Hochgerechnet auf alle volljährigen Bremer/innen und bezogen auf den Wert pro zusätzlichen m² intensiver Dachbegrünung, ergibt sich aus dieser Zahlungsbereitschaft ein **geschätzter ökonomischer Wert eines m² intensiven Dachgrüns für Stadtbild und Lebensraum** von jährlich 2.239 € (30 € im Mittel). Die Befragten gaben an, dass für sie die wichtigsten positiven Wirkungen von Begrünungsmaßnahmen eine Verbesserung des Stadtklimas, die Schaffung eines Lebensraums für Tiere und Pflanzen und ein grünes Stadtbild seien.



Nutzen und Kosten eines zusätzlichen Quadratmeters begrünter Dach- und Freifläche über die jeweilige Lebensdauer (40 Jahre bei Dachbegrünung, 50 Jahre bei Freiflächenbegrünung). Die gegenwärtigen und zukünftigen Werte wurden durch Diskontierung als Nettogegenwartswert vergleichbar gemacht. Die drei Säulen zeigen jeweils die mittleren Schätzwerte für die intensive und extensive Dachbegrünung sowie die Freiflächenbegrünung.



Jährliche Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte für Bremen und Umgebung, die sich aus den Kosten für die Investition und Pflege von jährlich 21.800 m² neu begrünter Dachflächen und jährlich 60.000 m² neu begrünter Freiflächen bis 2030 (moderates Umsetzungsszenario) ergeben. Es profitieren v.a. bremische und auswärtige Unternehmen der Bauwirtschaft, der Garten- und Landschaftsbaubetriebe und Planungsbüros, sowie verschiedene weitere Zulieferer



Wohnorte der in der Bevölkerungsumfrage befragten Personen in Bremen. Die Befragten bilden einen Querschnitt der Stadtbevölkerung ab. Es nahmen Personen im Alter von 18 bis 89 Jahren an der Umfrage teil. Knapp die Hälfte der Teilnehmenden hat einen Hochschul- oder Fachhochschulabschluss, während ein Viertel eine Lehre abschloss. Den meisten Befragten stand in ihrem Haushalt ein monatliches Nettoeinkommen zwischen 1.000 € und 5.000 € zur Verfügung.

Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte für Bremen und Umgebung durch die Begrünung von Dach- und Freiflächen

Die wirtschaftlichen Tätigkeiten für die Investition und Pflege der zusätzlichen Dach- und Freiflächenbegrünung generieren im moderaten Szenario direkte **Wertschöpfung bei Straßenbau- und Garten- und Landschaftsbaubetrieben von 2,0 Mio. € pro Jahr**. Zudem werden insgesamt **50 Vollzeitarbeitsplätze** geschaffen bzw. gesichert, davon allein 43 direkt bei den Unternehmen, welche die Maßnahmen umsetzen.

Die bremischen Zulieferer dieser Unternehmen genieren durch ihre Vorleistungsumsätze nochmals **0,5 Mio. € an jährlichen indirekten Wertschöpfungseffekten und 7 Vollzeitarbeitsplätze**.

Die Wertschöpfung über alle Unternehmen teilt sich auf in **1,2 Mio. € Beschäftigteneinkommen, 1,1 Mio. € Unternehmensgewinne und 0,1 Mio. € Steuereinnahmen**.

Da die bremische Wirtschaft überregional verflochten ist, fließen 55 % der durch die Maßnahme ausgelösten Umsätze und die damit generierte Wertschöpfung und Beschäftigung **an auswärtige Unternehmen und weitere Zulieferer ab, die dadurch ebenfalls wirtschaftlich von den bremischen Klimaanpassungsmaßnahmen profitieren**.

www.bresilient.de

Das Instrument der erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse

Kosten-Nutzen-Analysen vergleichen in systematischer Weise die positiven und negativen Effekte von alternativen Projekten oder Politiken in monetären Einheiten und ermitteln damit deren Beitrag zur gesellschaftlichen Wohlfahrt. Durch die Anwendung umweltökonomischer Bewertungsmethoden werden auch Effekte auf Umweltgüter einbezogen, die als öffentliche Güter nicht über Märkte gehandelt werden [9].

Grundsätze der Kosten-Nutzen-Analyse

- Die Abwägung erfolgt aus **gesellschaftlicher**, d. h. **gesamtwirtschaftlicher** Perspektive.
- Es werden immer **Veränderungen** infolge einer Politik oder eines Projektes betrachtet: hier die Effekte der Klimaanpassungsmaßnahmen für ein moderates und ein ambitioniertes Umsetzungsszenario bis 2050.
- Künftig anfallende Kosten und Nutzen werden in ökonomischen Analysen im Vergleich zu heutigen Zahlungsströmen weniger stark gewichtet, d. h. diskontiert. Mit Hilfe der **Diskontierung** werden alle anfallenden Kosten und Nutzen auf einen Gegenwartszeitpunkt bezogen und als **Nettogegenwartswert (NGW)** ausgedrückt. Das Umweltbundesamt empfiehlt die standardmäßige Verwendung einer Diskontrate von 1%.[8]
- Aus der Summe der diskontierten Nutzen abzüglich der Summe der diskontierten Kosten wird der **Nettonutzen** ermittelt.[9] Das **Nutzen-Kosten-Verhältnis** ist der Quotient zwischen diskontierten Gesamtnutzen und diskontierten Gesamtkosten.

Die Alternative mit dem höchsten Nettonutzen ist aus gesamtwirtschaftlicher Sicht die **effizienteste**. Neben anderen Kriterien, wie die **Akzeptanz** oder **Umsetzbarkeit** von Anpassungsmaßnahmen, ist dies eine entscheidungsunterstützende Information für die strategische Planung im politisch-administrativen Prozess bei der Umsetzung der Bremer Klimaanpassungsstrategie.[1] Diese sollte im Einzelfall durch Detailplanungen ergänzt werden.

Fazit

Im moderaten Umsetzungsszenario mit zusätzlichen 7.050 m² intensiver Dachbegrünung, 211.250 m² extensiver Dachbegrünung und 594.800 m² Freiflächenbegrünung bis 2030 stehen Investitionskosten von 45,2 Mio. € und Pflegekosten von 33,1 Mio. € bis 2050 einem monetären Nutzen von fast 111,2 Mio. € gegenüber. Dies entspricht einem gesamtwirtschaftlichen Nettonutzen von ca. 33 Mio. € (im ambitionierten Szenario ca. 66 Mio. €) und einem Nutzen-Kosten Verhältnis von 1,4.

Der monetäre Nutzen der Grünflächen ergibt sich vor allem durch eine hohe Wertschätzung in der Bevölkerung für die positive Wirkung auf das Stadtbild und den Lebensraum für Pflanzen und Tiere. Die hypothetische Zahlungsbereitschaft aller volljährigen Bremer/innen zusammengerechnet beträgt bis 2050 etwa 87,4 Mio. € (174,7 Mio. € im ambitionierten Umsetzungsszenario).

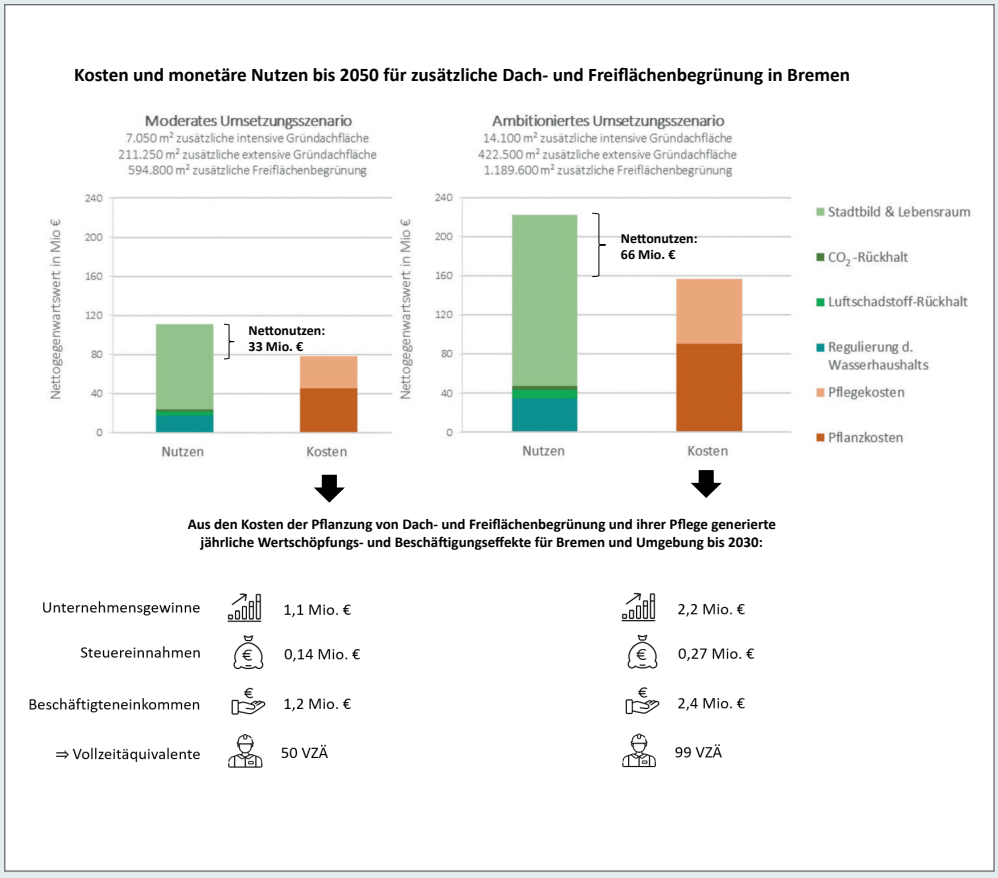
Der durch die begrünten Dach- und Freiflächen geleistete Wasserrückhalt ergibt mit 17,4 Mio. € im moderaten Umsetzungsszenario und 34,8 Mio. € im ambitionierten Umsetzungsszenario den zweitgrößten monetären Nutzen.

Durch die zusätzlichen begrünten Dach- und Freiflächen würden 12.487 Tonnen (t) CO_2 (24.975 t im ambitionierten Szenario), 105 t Feinstaub (209 t), 32 t Stickoxide (63 t) und 18 t Schwefeloxide (36 t) bis 2050 zurückgehalten. Das entspricht vermiedenen Schäden durch den Klimawandel von ca. 2,1 Mio. € (4,2 Mio. €) und vermiedenen Gesundheitsschäden von ca. 4,3 Mio. € (8,7 Mio. €).

Abgesehen von den monetären Nutzen ergeben sich im moderaten Umsetzungsszenario zusätzliche Wertschöpfungseffekte von jährlich ca. 2,5 Mio. € (im ambitionierten Szenario 5,0 Mio. €). Darin enthalten sind Beschäftigungseinkommen für 50 (100) zusätzliche Vollzeitarbeitsplätze sowie ca. 140.000 € (270.000 €) Steuereinnahmen auf kommunaler und Landesebene.

Die Begrünung von Dach- und Freiflächen ist für Bremen ökonomisch vorteilhaft, wobei das ambitionierte Umsetzungsszenario den höchsten gesamtwirtschaftlichen Nettonutzen erreicht. Der hier dargestellte Nutzen von Begrünungsmaßnahmen bietet gleichzeitig einen Anhaltspunkt, welcher Wert bei einer Versiegelung von Flächen verloren gehen würde.

Bei Dach- und Freiflächen handelt es sich überwiegend um private Flächen. Die Umsetzung zusätzlicher Begrünungsmaßnahmen sollte daher durch geeignete Förderinstrumente unterstützt werden.



Icons von Tomas Knop, Good Ware and Freepik, www.flaticon.com

Mittlere Schätzung für Nutzen und Kosten für die beiden Umsetzungsszenarien. Für das moderate Szenario wurden 7.050 m² intensive Gründachfläche, 211.250 m² extensive Gründachfläche und 594.800 m² Freiflächenbegrünung zusammengefasst. Analog dazu wurden für das ambitionierte Szenario 14.100 m² intensive Gründachfläche, 422.500 m² extensive Gründachfläche und 1,19 Mio. m² Freiflächenbegrünung zusammengefasst. In den Szenarien werden die Flächen von 2021 bis 2030 begrünt, Nutzen und Kosten werden bis 2050 berücksichtigt. Die gegenwärtigen und zukünftigen Werte wurden durch Diskontierung als Nettogegenwartswert vergleichbar gemacht.

Die investierten Kosten führen zu den im unteren Teil dargestellten regionalen Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten bis 2030.

Literaturverzeichnis unter
https://bresilient.de/publikationen/

Kontakt und Infos

Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau
Referat Umweltinnovationen &
Anpassung an den Klimawandel
Projektleitung Dr. Lucia Herbeck

An der Reeperbahn 2
28217 Bremen
kontakt@bresilient.de
www.bresilient.de

BRESILIENT

KLIMAFOLGEN KENNEN UND
VORBEREITUNGEN TREFFEN

Das Projekt BREsilient

Extremwetterereignisse wie Starkregen oder Hochwasser beeinflussen Bremen als Lebens- und Wirtschaftsstandort künftig immer mehr. Diesen Folgen des Klimawandels gemeinsam vorzubeugen – das ist das Ziel von BREsilient. Das Forschungsprojekt knüpft an die 2018 verabschiedete Bremer Klimaanpassungsstrategie an, die konkrete Schlüsselmaßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel für Bremen und Bremerhaven benennt.

Das Projekt „BREsilient – Klimaresiliente Zukunftsstadt Bremen“ bündelt Kompetenzen aus Forschung, Verwaltung und Praxis, um auf lokaler Ebene Handlungsbedarfe zu identifizieren. Unter Einbezug des Wissens derer, die es betrifft – Menschen, Unternehmen und Verbände vor Ort – werden in vier Modellbereichen gemeinsam Strategien und konkrete Maßnahmen für die Anpassung an den Klimawandel entwickelt. BREsilient wird von der Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau geleitet und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

Weitere Infos zum Projekt unter
www.bresilient.de

Verbundleitung:

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

Freie Hansestadt Bremen

Verbundpartner:

Carl von Ossietzky universität Oldenburg

i|ö|w Institut für ökologische Wirtschaftsforschung

ISL

Literaturverzeichnis BREsilient-Fact Sheet „Dach- und Freiflächenbegrünung“

[1] Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr (2018): Klimaanpassungsstrategie Bremen. Bremerhaven (Download: https://www.bauumwelt.bremen.de/info/klimaanpassungsstrategie).

[2] Angaben SKUMS (Referat Wasserwirtschaft) auf Grundlage Gründachkataster (Download: https://www.gruendach.bremen.de/#s=startscreen) geprüft und im Text ergänzt.

[3] Ortsgesetz über die Begrünung von Freiflächen und Flachdachflächen in der Stadtgemeinde Bremen (Begrünungsortsgesetz Bremen) vom 14. Mai 2019 (Brem.GBl. 2019, 313).

[4] z.B. Schmauck, S. (2019): Dach- und Fassadenbegrünung – neue Lebensräume im Siedlungsbereich. Fakten, Argumente und Empfehlungen. BfN-Skripten 538, Bundesamt für Natuschutz (BfN), Bonn.
Matzinger, A., Riechel, M., Remy, C., Schwarzmüller, H., Rouault, P., Schmidt, M., Offermann, M., Strehl, C., Nickel, D., Sieker, H., Pallasch, M., Köhler, M., Kaiser, D., Möller, C., Büter, B., Leßmann, D., von Tils, R., Säumel, I., Pille, L., Winkler, A., Bartel, H., Heise, S., Heinzmann, B., Joswig, K., Rehfeld-Klein, M., Reichmann, B. (2017): Zielorientierte Planung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung - Ergebnisse des Projektes KURAS. Berlin. (Download: http://kuras-projekt.de/downloads/erzeugnisse-regenwasserbewirtschaftung/).

[5] Abflussbeiwerte nach DIN 1986-100: 2016-12 (Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke), 14.2.3: Abflussbeiwerte.

[6] z.B. Pfoser, N., Jenner, N., Henrich, J., Heusinger, J., Weber, S. (2013): Gebäude Begrünung Energie–Potenziale und Wechselwirkungen. Tech. Univ. Darmstadt Abschlussbericht August 18–7.
Herfort, S., Tschuikowa, S., Ibañez, A. (2012): CO_2 - Bindungsvermögen der für die Bauwerksbegrünung typischen Pflanzen. (Download: https://www.gebaeudegruen.info/service/downloads/bugg-untersuchungen).
Getter, K.L., Rowe, D.B., Robertson, G.P., Cregg, B.M., Andresen, J.A. (2009): Carbon Sequestration Potential of Extensive Green Roofs. Environ. Sci. Technol. 43, 7564–7570.

[7] z.B. Yang, J., Yu, Q., Gong, P. (2008): Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. Atmos. Environ. 42, 7266–7273.
Langner, M., Kull, M., Endlicher, W.R. (2011): Determination of PM_{10} deposition based on antimony flux to selected urban surfaces. Environ. Pollut. 2028–2034.

[8] Bünger, B., Matthey, A. (2018): Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten – Methodische Grundlagen. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. (Download: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/methodenkonvention-30-zur-ermittlung-von-0).
Bünger, B., Matthey, A. (2018): Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten – Kostensätze. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. (Download: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-02-11_methodenkonvention-3-0_kostensaetze_korr.pdf).

[9] Hanley, N., Shogren, J., White, B. (2019): Introduction to Environmental Economics. Oxford University Press, Oxford.