



Universität für Bodenkultur Wien
University of Natural Resources
and Life Sciences, Vienna

Masterarbeit

Kosten-Nutzen-Untersuchungen von urbanen Grünen Infrastrukturmaßnahmen auf Gebäuden und im verbauten Bestand

verfasst von

Andreas DUTTER, BSc

im Rahmen des Masterstudiums

Landschaftsplanung und Landschaftsarchitektur

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Wien, Oktober 2021

Betreut von:

Univ.Prof.ⁱⁿ DIⁱⁿ Dr.ⁱⁿ Rosemarie Stangl

Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (IBLB)

Department für Bautechnik und Naturgefahren

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Formulierungen und Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Diese schriftliche Arbeit wurde noch an keiner Stelle vorgelegt.

Wien, am 31. Oktober 2021

Danksagung

Ich möchte mich bei allen Mitarbeiter*innen des *Instituts für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (IBLB)* der Universität für Bodenkultur Wien für ihre Hilfe herzlich bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Univ.Prof.ⁱⁿ Dipl.-Ing.ⁱⁿ Dr. Rosemarie Stangl für ihre tatkräftige Unterstützung, ihre Ratschläge und ihre Begleitung über die Dauer meiner Masterarbeit hinweg.

Ein großes Dankeschön auch an Dipl.-Ing. Stephan Hörbinger, der mir gerade in der Anfangsphase durch ebenso hilfreiche wie angenehme Gespräche geholfen hat, mich dem Thema anzunähern.

Zudem möchte ich mich beim *Österreichischen Verband für Bauwerksbegrünung (VfB)*, der *European Federation of Green Roof & Living Wall Associations (EFB)*, sowie der *GRÜNSTATTGRAU Forschungs- und Innovations GmbH* bedanken, insbesondere bei Dipl.-Ing.ⁱⁿ Vera Enzi für ihre zahlreichen thematischen Inputs.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei meinen weiteren Interviewpartner*innen Priv.-Doz.ⁱⁿ Dipl.-Ing.ⁱⁿ Dr. Ulrike Pitha vom *IBLB* und Dipl.-Ing. Jürgen Preiss von der *Wiener Umweltschutzabteilung MA22* für ihre Zeit und das mir zur Verfügung gestellte Fachwissen.

Ein persönliches Dankeschön für ihre mannigfaltige Unterstützung geht an meine Eltern und Großeltern, sowie an meine Freunde.

Zusammenfassung

Dach- und Fassadenbegrünungen besitzen das Potenzial, durch die von ihnen ausgehenden positiven Wirkungen zu einer Verbesserung der Lebensqualität und des Wohnumfelds beizutragen. Die diversen am Markt erhältlichen technischen Möglichkeiten der vertikalen und horizontalen Bauwerksbegrünung werden üblicherweise nach unterschiedlichen Begrünungsarten gegliedert. Diese Masterarbeit beschäftigt sich mit der Frage nach Möglichkeiten zur ökonomischen Evaluierung dieser Begrünungstypen.

Vor diesem Kontext wurden verschiedene Wirtschaftlichkeitsanalyseverfahren recherchiert und in weiterer Folge für Dach- und Fassadenbegrünungssysteme eine modifizierte Nutzwertanalyse durchgeführt. Zu diesem Zweck wurden zunächst potenzielle Ziele und Bewertungskriterien formuliert, und die unterschiedlichen Begrünungsarten, basierend auf den Erkenntnissen von Literaturrecherchen und Expert*innen-Interviews, einer qualitativen Bewertung unterzogen.

Darauf aufbauend erfolgte die Quantifizierung dieser Ergebnisse mithilfe einer Nutzwertanalyse. Im Zuge der Sensitivitätsanalyse wurden die zuvor in der Nutzwertanalyse ermittelten Rangordnungen nochmals anhand von Szenarien überprüft. Anhand dieser methodischen Vorgehensweise und des in dieser Analysearbeit entwickelten Bewertungsmodells wurden die folgenden Ergebnisse erzielt:

Allgemeingültige Aussagen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit einer bestimmten Begrünungsart sind bei einer Bewertung mittels einer Nutzwertanalyse nicht möglich bzw. nur bedingt gültig. Durch die Analyse zeigte sich beispielsweise in Hinblick auf die diversen Fassadenbegrünungsarten eine Tendenz dazu, dass bodengebundene Begrünungstypen generell ein besseres Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen als wandgebundene Begrünungstypen. Da diese Berechnungen lediglich auf zwei Szenarien beruhen, bedarf diese Aussage einer weiteren Prüfung.

Durch das entworfene Bewertungsmodell lassen sich zwar keine allgemeingültigen Aussagen zur Wirtschaftlichkeit einer Begrünungsart tätigen, jedoch können dadurch für eine konkrete bauliche Situation und aus der Sicht eines bestimmten Stakeholders jene Begrünungstypen mit den besten Kosten-Nutzen-Verhältnissen ermittelt werden. Demnach zeigte sich, dass die errechneten Rangordnungen der Dach- und Fassadenbegrünungsarten je nach Situation (Szenario) variieren und in der Analyse stringente Ergebnisse erzielt werden konnten.

Die hier angewandte methodische Vorgehensweise besitzt die Eignung, anlassbezogen die ökonomisch optimale Begrünungsart zu ermitteln und basierend darauf Planungsempfehlungen aussprechen zu können.

Abstract

Due to numerous positive effects linked to the installation of green roofs and facades, these measures bear the potential to improve living conditions in surrounding areas. Therefore, the diverse technical solutions available are generally divided into different greening types. This master thesis examines ways of economical evaluation of these types of greening possibilities.

By researching different economic evaluation methods, a modified cost-effectiveness-analysis was assumed to be the appropriate technique to answer questions regarding the effectivity of various building greenery. Consequently, potential aims and criteria were first determined, which were then used for a qualitative evaluation, based on a literature research and semi-structured expert interviews.

The outcomes of these analysis step were quantified with the help of a cost-effectiveness-analysis. Thereupon, the calculated rankings of building greenery were once again verified by a sensitivity analysis using scenarios. Based on this methodological approach and the developed evaluation model, the following results were found:

With the use of a cost-effectiveness-analysis general statements concerning the economic efficiency of certain greening types are not possible or have limited validity. For instance, the analysis showed a tendency that ground based façade greening types have generally a better cost-benefit relation than wall based façade greening types. However, as this observation is merely based on two calculations, it can't be considered representative and needs further examination.

The developed evaluation model is not applicable to formulate general statements regarding the economic efficiency of certain greening types, but it is suitable to determine the alternatives with the best cost-benefit relations for a particular structural situation and from the perspective of a specific stakeholder. The analysis achieved coherent results and showed that the rankings for the different types of green roofs and facades varied accordingly to certain situations (scenarios).

According to this, – from an economical point of view – the methodological approach is suitable to find the optimal greening type for a particular occasion and can be used to give reasonable planning recommendations.

Inhaltsverzeichnis

Glossar	10
1 Einleitung	12
1.1 Projekthintergrund	13
1.2 Problemstellung	13
1.3 Ziele der Arbeit und Erwartungshaltung zum Erkenntnisgewinn	14
1.4 Forschungsfragen und Hypothesen	15
1.5 Forschungskriterien	16
2 Theoretische Grundlagen.....	17
2.1 Wirtschaftlichkeitsanalysen	17
2.1.1 Kosten-Nutzen-Analyse (Cost-Benefit-Analysis)	17
2.1.2 Nutzwertanalyse (Cost-Effectiveness-Analysis)	21
2.1.3 Kosten-Wirksamkeits-Analyse (Cost-Effectiveness-Analysis)	24
2.2 Gesellschaftlicher Nutzen und Potenziale von Dach- und Fassadenbegrünungen	26
2.2.1. Beitrag von Dach- und Fassadenbegrünungen zur Klimaresilienz (Adaption und Mitigation)	28
2.2.2. Beitrag von Dach- und Fassadenbegrünungen zu einer nachhaltigen Wasserwirtschaft...28	
2.2.3. Beitrag von Dach- und Fassadenbegrünungen zu einer verantwortungsvollen Grünraumbewirtschaftung.....	29
2.2.4. Beitrag von Dach- und Fassadenbegrünungen zu einer Verbesserung der Luft- und Umgebungsqualität	29
2.2.5. Beitrag von Dach- und Fassadenbegrünungen zur Stadterneuerung.....	30
2.2.6. Beitrag von Dach- und Fassadenbegrünungen zur öffentlichen Gesundheit	30
2.3 Verfahren zur ökonomischen Umweltbewertung.....	31
2.3.1 Indirekte Umweltbewertungsverfahren	33
2.3.1.1 Reisekostenmethode (Travel Cost Method)	33
2.3.1.2 Hedonischer Preisansatz (Hedonic Price Method).....	33
2.3.2 Direkte Umweltbewertungsverfahren.....	34
2.3.2.1 Kontingente Evaluierungsmethode (Contingent Valuation Method)	34
2.4. Bewertung von Grünen Infrastrukturmaßnahmen	36
3 Methodik.....	39
3.1 Methodische Grundlagen	39
3.2 Überblick des methodischen Ablaufs	40
3.2.1 Analyseschritt 1: Aufstellung eines Zielsystems	41
3.2.2 Analyseschritt 2: Alternativenbestimmung	43
3.2.3 Analyseschritt 3: Bestimmung der Ziel- / Bewertungskriterien.....	43
3.2.4 Analyseschritt 4: Erste Bewertung der Alternativen (Einzelbewertung und Gruppenbewertung auf Basis von Expert*innen-Interviews).....	44
3.2.5 Analyseschritt 5: Vorbereitende Arbeiten zur Durchführung einer Nutzwertanalyse	45
3.2.6 Analyseschritt 6: Gewichtung der Ziel- / Bewertungskriterien.....	46
3.2.7 Analyseschritt 7: Zweite Bewertung der Alternativen mittels Nutzwertanalyse.....	46
3.2.8 Analyseschritt 8: Sensitivitätsanalyse	46
3.3 Abgrenzung zur Nutzwertanalyse und Gemeinsamkeiten	46
4 Analyse – Teil 1: Grundlagen für die Bewertung von Bauwerksbegrünungsmaßnahmen 48	
4.1 Analyseschritt 1: Zielsystem Bauwerksbegrünung.....	48
4.1.1 Zielszenarien und -hierarchie für Dachbegrünungen	50
4.1.2 Zielszenarien und -hierarchie für Fassadenbegrünungen.....	52

5.2.1.1.3 Subziel: Platzbedarf	112
5.2.1.1.4 Subziel: Materialeinsatz und Materialaufwand (Kletterhilfen, Pflanzgefäße)	113
5.2.1.1.5 Subziel: Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung (Anschlüsse, Wuchsbegrenzung, Zugänglichkeit)	116
5.2.1.2 Vegetationstechnische Kriterien	118
5.2.1.2.1 Subziel: Pflanzentypen (Gräser, Kräuter, Stauden, Kletterpflanzen, ua.)	118
5.2.1.2.2 Subziel: Flächenwirkung (Begrünungsdauer)	121
5.2.2 Bewertung der Systemgruppen zur Fassadenbegrünung: Ökonomische Komponenten ..	123
5.2.2.1 Kosten und Aufwände	123
5.2.2.1.1 Subziel: Ausführung bzw. Errichtung (Investitionsaufwand)	123
5.2.2.1.2 Subziel: Anwuchspflege (Aufwand, Bewässerung, Nährstoffversorgung)	125
5.2.2.1.3 Subziel: Entwicklungspflege (Aufwand, Bewässerung, Nährstoffversorgung)	128
5.2.2.1.4 Subziel: Erhaltungspflege (Aufwand, Bewässerung, Nährstoffversorgung)	130
5.2.2.1.5 Subziel: Wartung und Instandhaltung technischer Bestandteile	132
5.2.2.2 Dauerhaftigkeit	134
5.2.2.2.1 Subziel: Schutz der Bausubstanz (Physischer Materialschutz)	134
5.2.2.3 Energetische Relevanz	136
5.2.2.3.1 Subziel: Dämmfunktion (Wärmeverlust, -eindringung)	136
5.2.3 Bewertung der Systemgruppen zur Fassadenbegrünung: Ökologische und soziale Komponenten	139
5.2.3.1 Stadtökologie – Flora und Fauna	139
5.2.3.1.1 Subziel: Habitatschaffung und Biodiversität	139
5.2.3.2 Mikroklima	142
5.2.3.2.1 Subziel: Verdunstung und Verdunstungskälte (Hitzereduktion, Beschattung)	142
5.2.3.2.2 Subziel: Positive mikroklimatische Effekte (Dauer)	144
5.2.3.3 Regenwassermanagement	146
5.2.3.3.1 Subziel: Rückhalt, Speicherung und Verdunstung von H ₂ O (Abfluss)	146
5.2.3.4 Menschliches Wohlbefinden	148
5.2.3.4.1 Subziel: Lärmschutz (Schalleintrag, Reduktion)	148
6 Analyse – Teil 3: Bewertung von Bauwerksbegrünungsmaßnahmen mithilfe einer Nutzwertanalyse	150
6.1 Analyseschritt 5: Vorbereitende Arbeiten für die Durchführung einer Nutzwertanalyse	150
6.2 Analyseschritt 6: Gewichtung der Ziel- / Bewertungskriterien.....	151
6.2.1 Zielgewichtung für Dachbegrünungen.....	152
6.2.2 Zielgewichtung für Fassadenbegrünungen.....	154
6.3 Analyseschritt 7: Bewertung der Systemgruppen (Alternativen) zur Dachbegrünung mithilfe einer Nutzwertanalyse	156
6.3.1 Ergebnisse der Nutzwertanalyse - Dachbegrünungssysteme	168
6.4 Analyseschritt 7: Bewertung der Systemgruppen (Alternativen) zur Fassadenbegrünung mithilfe einer Nutzwertanalyse	169
6.4.1 Ergebnisse der Nutzwertanalyse - Fassadenbegrünungssysteme	187
7 Analyse – Teil 4: Überprüfung der Ergebnisse der Nutzwertanalyse	190
7.1 Analyseschritt 8: Sensitivitätsanalyse - Dachbegrünungssysteme.....	191
7.1.1 Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse - Dachbegrünungssysteme.....	193
7.2 Analyseschritt 8: Sensitivitätsanalyse - Fassadenbegrünungssysteme	195
7.2.1 Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse - Fassadenbegrünungssysteme.....	196
8 Diskussion und Schlussfolgerungen	201
8.1 Interpretation und Diskussion der Bewertungsergebnisse	201
8.1.1 Bewertungsergebnisse Dachbegrünungssysteme	201
8.1.2 Bewertungsergebnisse Fassadenbegrünungssysteme	203
8.1.2.1 Bewertungsergebnisse Fassadenbegrünungssysteme: Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe	204

8.1.2.2	Bewertungsergebnisse Fassadenbegrünungssysteme: Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe	205
8.1.2.3	Bewertungsergebnisse Fassadenbegrünungssysteme: Troggebundene Begrünung.....	205
8.1.2.4	Bewertungsergebnisse Fassadenbegrünungssysteme: Wandgebundene Begrünung mit Regalsystemen	206
8.1.2.5	Bewertungsergebnisse Fassadenbegrünungssysteme: Wandgebundene Begrünung mit modularen und flächigen Vegetationsträgern	207
8.1.2.6	Fazit: Bewertungsergebnisse Fassadenbegrünungssysteme	208
8.1.3	Fazit: Bewertungsmodell	209
8.2	Kritische Reflexion	210
8.2.1	Zielauswahl	210
8.2.2	Objektivität vs. subjektive Bewertung	210
8.2.3	Preisspannen	210
8.2.4	Messung der Vegetationsleistung	211
9	Überprüfung der Forschungsfragen und der Hypothesen	212
10	Ausblick / Empfehlungen	220
11	Literaturverzeichnis	221
13	Tabellenverzeichnis	227
14	Abbildungsverzeichnis	232

Aus stilistischen Gründen und zur leichteren Lesbarkeit ist diese Masterarbeit genderneutral formuliert. Soweit personenbezogene Bezeichnungen in männlicher Form angeführt sind, beziehen sie sich auf alle Geschlechter in gleicher Weise.

Glossar

Begrünungsarten / Begrünungstechniken / Begrünungstypen

Gliederung der angebotenen *System-* bzw. *Technologielösungen* der verschiedenen Herstellerfirmen zur Begrünung von Dächern und Fassaden. Diese wurden in weiterer Folge zu *Systemgruppen* zusammengefasst und im Zuge der Analyse auch als *Alternativen* bezeichnet. Gliederung adaptiert nach ÖNORM L1131:2010 (Gartengestaltung und Landschaftsbau – Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken) und der Publikation *Leitfaden Fassadenbegrünung* (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S76ff).

Begrünungsmethoden / Begrünungsverfahren

Formen der Kultivierung (Aussaat, Pflanzung) nach ÖNORM L1131:2010 (Gartengestaltung und Landschaftsbau – Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken).

Evapotranspiration

Summe aus *Evaporation* (Verdunstung von Wasser aus dem Boden) und *Transpiration* (Verdunstung von Wasser über die Blätter von Pflanzen), welche an die Atmosphäre abgegeben wird (Pflanzenforschung 2021).

Grüne Infrastruktur / Green Infrastructure (GI)

Strategisch geplantes Netzwerk an (halb-)natürlichen Flächen, inklusive Grün- und Wasserflächen, mit dem Ziel, den Menschen ein breites Spektrum an Ökosystemleistungen zur Verfügung zu stellen. Mit der Installation solch naturnaher Maßnahmen sollen ökologische, ökonomische und soziale Nutzen für die Allgemeinheit einhergehen. Grüne Infrastruktur versteht sich als Gegenpol zu bodenversiegelnden Maßnahmen der *Grauen Infrastruktur* (European Commission 2013, S11).

Green Stormwater Infrastructure (GSI)

Strategie zur Minderung der negativen Folgen von Starkregenereignissen in urbanen Räumen. Durch die Installation von unterschiedlichen baulichen Maßnahmen, welche die von der Natur vorgezeigten Techniken der Versickerung und Verdunstung nachahmen, sollen städtische Kanalnetze entlastet, und ein zusätzlicher Mehrwert für die Gemeinde generiert werden (Center for Neighborhood Technology CNT 2020, S4).

Naturbasierte Lösungen / Nature-based Solutions (NBS)

Ein Konzept, welches darauf abzielt, dass bei der Planung von der Natur inspirierte, unterstützte oder kopierte Maßnahmen Umsetzung finden, und die durch ihre Eigenart dazu beitragen können ökologische, soziale und ökonomische Herausforderungen nachhaltig zu bewerkstelligen. Naturbasierte Lösungen sollten sowohl energie- und ressourceneffizient sein, als auch die Fähigkeit besitzen sich externen Veränderungen anzupassen (European Commission 2015, S5).

Ökosystemleistungen

Bei der von der UN genutzten *Millennium Ecosystem Assessment*-Methode werden unter Ökosystemleistungen jene Leistungen verstanden, die Menschen von natürlichen Ökosystemen beziehen können. Dahingehend wurden vier Hauptleistungen ermittelt: Bereitstellungsleistung (Nahrung, Frischwasser, Treibstoff, Fasern, etc.), Regulierungsleistung (Klima, Wasserhaushalt, Krankheitsregulation, Bestäubung), Unterstützungsleistung (Bodenbildung,

Nährstoffkreislauf) und Kulturleistung (Bildung, Ästhetik, kulturelles Erbe, Erholung und Tourismus) (City of Portland Bureau of Environmental Services 2010, S7).

Resilienz

Resilienz beschreibt die Fähigkeit eines ökologischen Systems, Störungen zu absorbieren und durch Stabilisierung, Adaption oder Transformation funktionsfähig zu bleiben (Walker et al. 2004, S1).

Sustainable Development Goals (SDGs)

Von den Vereinten Nationen (UN) formulierte Ziele für eine nachhaltige Entwicklung für das Jahr 2030 („Agenda 2030“) ohne rechtsverbindlichen Charakter. Jedes dieser nachhaltigen Entwicklungsziele besteht aus mehreren klar definierten Subzielen, welche mittels Indikatoren geprüft werden. Die Realisierung der SDGs stützt sich auf die eigenen nachhaltigen Entwicklungspolitiken, -pläne und -programme der jeweiligen Länder (United Nations 2015).

Urban Heat Islands-Effekt (UHI-Effekt)

Ein an heißen Tagen auftretender Effekt, der eine stärkere Erhitzung der Städte im Vergleich zum Umland bewirkt. Durch die großflächige Versiegelung mit wärmeabsorbierenden Materialien wird Wärme gespeichert und abgestrahlt. Stadtvegetation kann dazu beitragen diesen Effekt zu mindern, indem Wasser in den Boden eindringen kann und dieses durch *Evapotranspiration* wieder in die Atmosphäre gelangt, wodurch die Umgebungsluft gekühlt wird. Durch Bauwerksbegrünungen können Gebäudeflächen außerdem natürlich beschattet werden, was ebenfalls zu einer Temperatursenkung beiträgt (Wiener Umweltschutzabteilung – MA22 2015, S6ff).

Wohlfahrtstheorie

Eine in der Volkswirtschaftslehre angewandte Theorie, die auch als *Wohlfahrtsökonomik* bzw. *Welfare Economics* bezeichnet wird. Sie befasst sich mit der Frage nach den Grundvoraussetzungen für eine gesamtgesellschaftliche Wohlfahrtssteigerung und wie die begrenzten Ressourcen einer Volkswirtschaft genutzt und verteilt („Allokation“) werden sollten, um ein Wohlfahrtsoptimum zu erreichen (Gabler Wirtschaftslexikon 2021).

1 Einleitung

Diese Masterarbeit erfasst den technischen Stand unterschiedlicher Technologie- bzw. Systemlösungen zur Dach- und Fassadenbegrünung auf Gebäuden und im verbauten Bestand in den Jahren 2017/2018. Sie widmet sich sowohl der Prüfung von verschiedenen Begrünungstechniken, als auch der Erstellung von Wirtschaftlichkeitsanalysen, um die Unterschiede zwischen den diversen Technologie- und Systemlösungen für vertikale und horizontale Bauwerksbegrünungen zu verdeutlichen. Kernstück dieser Arbeit ist die Ausarbeitung eines Bewertungsmodells zur Evaluierung der Auswirkungen von Dach- und Fassadenbegrünungen entsprechend vordefinierter Zielvorstellungen. Aufbauend auf dieser Bewertung wurde eine Nutzwertanalyse durchgeführt, um die einzelnen Systemgruppen untereinander vergleichen zu können.

In Hinblick auf die Umsetzung von Grünen Infrastrukturmaßnahmen an Gebäuden und angrenzenden Räumen können Kosten-Nutzen-Untersuchungen als substantielle Entscheidungshilfe für oder wider eine etwaige Begrünung fungieren, da die Klärung der Kosten-Nutzen-Frage die Entscheidungen aller an einer Umsetzung beteiligten Stakeholder wesentlich beeinflusst. In Bezug auf das Umsetzungspotenzial von Begrünungsmaßnahmen auf Gebäuden und im verbauten Bestand sind sowohl volks-, als auch betriebswirtschaftliche Betrachtungen essenziell und dienen als Entscheidungsgrundlage für die Realisierung.

Aus Sicht der Gebäudenutzer*innen gehen Bauwerksbegrünungen einher mit einer Aufwertung des Lebensraums und der Steigerung der Wohnqualität aufgrund der positiven Wirkungen von Dach- und Fassadenbegrünungen (siehe Kapitel 2.2). Dahingehend ist auch die Bereitschaft vorhanden, für begrünte Wohn- und Arbeitsräume hohe Kapitalsummen zu investieren. Für Bauträger bzw. Immobilienbesitzer*innen sind oftmals ökonomische Überlegungen die Entscheidungsgrundlage für eine Umsetzung. Hauptargumente dafür wären beispielsweise eine längere Lebensdauer des Daches, die Möglichkeit zur Kosteneinsparung bei Heiz- und Kühllkosten aufgrund der Dämmwirkung von Dach- und Fassadenbegrünungen, die Steigerung des Immobilienwertes, etc. Für Behörden und Stadtverwaltungen ist vor allem das Potenzial zur Senkung der öffentlichen Ausgaben ein gewichtiges Argument für die Etablierung von grünen Dächern und Fassaden. Einerseits hilft die Retentionswirkung von Bauwerksbegrünungen dabei das Kanal- und Abwassersystem zu entlasten, andererseits besteht für die öffentliche Hand die Möglichkeit anfallende Folgekosten durch die gesundheitsfördernden Effekte von Grünen Infrastrukturlösungen zu reduzieren. Dabei sind Städteplaner*innen für die Ausarbeitung von Konzepten und die Bereitstellung von Lösungsvorschlägen zur Umsetzung von planungspolitischen Zielen verantwortlich. In weiterer Folge werden Planungsbüros und Architekt*innen für die Objektplanung herangezogen. Die Realisierung von Gebäudebegrünungsmaßnahmen obliegt wiederum den ausführenden Bauunternehmen (Peritsch 2017, S47ff).

Mithilfe von Wirtschaftlichkeitsanalysen können sowohl die aufzuwendenden Kosten, als auch der zu erwartende Nutzen von diversen Begrünungstechniken für Dächer und Fassaden ermittelt bzw. abgeschätzt werden, wodurch die Entscheidung für oder gegen ein bestimmtes System transparenter und somit nachvollziehbarer wird.

Um sich dieser Thematik annähern zu können, wurde diese Masterarbeit in drei Abschnitte gegliedert.

Abschnitt 1:

Der theoretische Teil behandelt die Grundlagen zu Wirtschaftlichkeitsanalysen und ökonomischen Bewertungsverfahren, sowie die Auswirkungen bzw. Leistungen von Dach- und Fassadenbegrünungen anhand der einschlägigen Literatur.

Abschnitt 2:

Im empirischen Teil wurden Expert*innen-Interviews durchgeführt, basierend auf den Erkenntnissen einer systematischen Literaturrecherche.

Abschnitt 3:

Darauf aufbauend erfolgte im analytischen Teil die Anfertigung einer modifizierten Nutzwertanalyse als ein auserwähltes Verfahren der Kosten-Nutzen-Analyse.

1.1 Projekthintergrund

Die nachfolgenden Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes *Urbane GmbA* aufgegriffen und sollten ergänzende Erkenntnisse zum Arbeitspaket 4 „Prüfen von Begrünungs- und Entsiegelungsmaßnahmen und Analyse des Technology Readiness Levels“ erbringen.

Bezüglich des *Urbane GmbA* Projektes (Laufzeit 11/2017 – 11/2018) folgt nun ein kurzer Überblick zu den generellen Inhalten und Zielsetzungen.

Das Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (BOKU) erhob in Zusammenarbeit mit dem Austrian Institute of Technology (AIT), der Wiener Umweltschutzabteilung (MA22) und der Innovationslabor *GrünstattGrau GmbH* das Grünflächenpotenzial an Gebäuden und im verbauten Bestand innerhalb zweier konkreter Projektgebiete. Im Detail handelte es sich dabei um die Neulerchenfelderstraße im 16. Wiener Gemeindebezirk, sowie das Kretaviertel und einzelne Gebäude in Innerfavoriten. Durch die Erfassung gebräuchlicher Trendmodelle und Bewertungsansätze bzw. -parameter im Bereich ökonomischer Bewertung von Grünen Infrastrukturen wurde die Bewertung der unterschiedlichen Begrünungsmaßnahmen und Technologien unterstützt. Die Bewertung von Maßnahmen sollte Aufschluss darüber geben, inwieweit sich diese auf die Gebäude und den verbauten Bestand in den Projektgebieten übertragen lassen. In weiterer Folge sollten durch ein Zusammenführen der einzelnen Teilergebnisse der Bedarf und die Innovationspotenziale für zukünftige Forschungs- und Entwicklungsvorhaben für Grüne Infrastrukturen abgeleitet, und Empfehlungen für konkrete Umsetzungsmaßnahmen in den Projektgebieten ausgesprochen werden.

1.2 Problemstellung

Im Mai 2013 veröffentlichte die Europäische Kommission eine Mitteilung, deren Arbeitstitel lautete „Grüne Infrastruktur – Aufwertung des europäischen Naturkapitals“. Darin wurde explizit erklärt, dass Grüne Infrastrukturmaßnahmen einen wichtigen Beitrag zur Regionalpolitik ausmachen und deren Realisierung vor allem im städtischen Raum besondere Bedeutung zukommt. Grüne Infrastruktur dient demnach dem Schutz und dem Erhalt sowie der

Aufwertung des europäischen Naturkapitals. Die Formulierung einer EU-Strategie zur Umsetzung und Förderung von Grüner Infrastruktur ist der Europäischen Kommission daher ein wichtiges Anliegen (EUROPEAN COMMISSION 2013).

Außer an den Willen der politischen Entscheidungsträger*innen ist die Umsetzung innerhalb der EU stark an den Forschungssektor und die Bereitstellung finanzieller Mittel, beispielsweise aus dem Europäischen Sozialfonds oder den Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung, geknüpft. Darüber hinaus gibt es spezielle Förderprogramme, die (direkt oder indirekt) grüne Infrastrukturmaßnahmen forcieren sollen, beispielsweise LIFE+ für Umwelt- und Naturschutzmaßnahmen oder das Forschungsrahmenprogramm Horizon 2020. Dabei obliegt die Implementierung einer europäischen Strategie zur Förderung von Grüner Infrastruktur den jeweiligen Nationalstaaten (EUROPEAN COMMISSION 2016).

Dach- und Fassadenbegrünungen stellen Maßnahmen zur Anpassung (Adaption / Mitigation) an den Klimawandel dar und leisten dahingehend einen wichtigen Beitrag zur Minderung der damit verbundenen negativen Auswirkungen. So besitzen Bauwerksbegrünungen beispielsweise das Potenzial, die negativen Effekte urbaner Hitzeinseln (UHI-Effekt) zu reduzieren oder die Folgen von Starkregenereignissen zu mindern (Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22 2015, S61ff).

Vielfach scheidet jedoch die Umsetzung einer konkreten Begrünungsmaßnahme an der mangelnden Informationslage der Entscheidungsträger*innen, sowie an fehlenden finanziellen Anreizen. Unabhängig davon ob im privaten oder öffentlichen Sektor sind mit der Realisierung einer Dach- und/oder Fassadenbegrünung ökonomische Risiken verbunden. Kosten-Nutzen-Analysen ermöglichen es, durch Messbarkeit Entscheidungsprozesse transparenter, effektiver und effizienter zu gestalten und können somit den unterschiedlichen Stakeholdern als Entscheidungsgrundlage dienen. Die Verfügbarkeit eines übertragbaren Bewertungs- bzw. Analysemodells zur Feststellung der Potenziale von unterschiedlichen Systemlösungen für Dach- und Fassadenbegrünungen könnte die Entscheidung für oder wider eine Errichtung vereinfachen.

Je nach Entscheidungsträger*in überwiegt bei der Entschlussfassung zur Realisierung von Dach- und Fassadenbegrünungen entweder eine volks- oder eine betriebswirtschaftliche Betrachtungsweise. Aus volkswirtschaftlicher Sicht steht eher die Minimierung der negativen externen Effekte (siehe Kapitel 2.2) im Vordergrund, aus betriebswirtschaftlicher Betrachtung die Reduzierung der Herstellungs- und Produktionskosten, sowie die Verwendung von Grünen Infrastrukturleistungen als starkes Argument für eine Umsetzung. Demzufolge sind bei der Entscheidungsfindung für Betriebswirte andere Faktoren relevant, als für Entscheidungsträger des öffentlichen Sektors.

1.3 Ziele der Arbeit und Erwartungshaltung zum Erkenntnisgewinn

Ziel 1:

Ein Ziel dieser Arbeit ist es zu klären, wie nach aktuellem Wissensstand bei der ökonomischen Evaluierung von Grünen Infrastruktur-Projekten in der Praxis vorgegangen wird. Dafür werden Best Practise Beispiele und exemplarische Bewertungsansätze zu Kosten-Nutzen-Untersuchungen in Zusammenhang mit GI recherchiert.

Ziel 2:

Ein weiteres Ziel liegt in der Erfassung und Kategorisierung gängiger Begrünungsmaßnahmen auf Gebäuden und im verbauten Bestand. Genaugenommen sollen die technischen und ingenieurbioologischen Möglichkeiten zur Begrünung von Dächern und Fassaden erhoben werden.

Ziel 3:

Des Weiteren werden die unterschiedlichen Begrünungstypen anhand eines Kriterienkataloges einer Bewertung unterzogen, wobei das anzuwendende Bewertungsmodell praxistauglich und übertragbar sein soll.

Ziel 4:

Darauf aufbauend werden Kosten-Nutzen-Untersuchungen durchgeführt, welche die Unterschiede zwischen den einzelnen Systemlösungen zur Dach- und Fassadenbegrünung verdeutlichen sollen.

1.4 Forschungsfragen und Hypothesen

Zentrale Forschungsfrage 1:

Inwieweit unterscheiden sich die diversen Begrünungstechniken für Dach- und Fassadenbegrünungen bezüglich ihres Kosten-Nutzen-Verhältnisses?

Forschungsfrage 1.1:

Welche Technologie- und Systemlösungen für Dach- und Fassadenbegrünungen sind am Markt erhältlich?

Forschungsfrage 1.2:

Lassen sich die verschiedenen Technologie- und Systemlösungen für Bauwerksbegrünungen zu Systemgruppen zusammenfassen?

Hypothese 1:

Die diversen State Of The Art-Technologien und Systemlösungen für Dach- und Fassadenbegrünungen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Kosten-Nutzen-Relation.

Zentrale Forschungsfrage 2:

Welches Wirtschaftlichkeitsanalyseverfahren ist am ehesten dazu geeignet, die Potenziale von unterschiedlichen Begrünungsmaßnahmen an Dächern und Fassaden zu überprüfen?

Forschungsfrage 2.1:

Welche Verfahren zur Ermittlung der Rentabilität bzw. des gesamtgesellschaftlichen Nutzens von Investitionsprojekten kommen in der Praxis zur Anwendung?

Forschungsfrage 2.2:

Lassen sich diese Wirtschaftlichkeitsanalyseverfahren auch auf die Installation von Dach- und Fassadenbegrünungen übertragen?

Forschungsfrage 2.3:

Welche qualitativen und quantitativen Bewertungskriterien können für eine ökonomische Evaluierung der Systemgruppen herangezogen werden?

Hypothese 2:

Für die Ermittlung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses der diversen Technologie- und Systemlösungen für Dach- und Fassadenbegrünungen eignet sich insbesondere die Methode der Nutzwertanalyse.

1.5 Forschungskriterien

Um die Forschungsfragen dieser Masterarbeit beantworten zu können, wurde in der einschlägigen Literatur nach einem standardisierten Verfahren zur Überprüfung der Wirtschaftlichkeit von Dach- und Fassadenbegrünungen gesucht. Nach aktuellem Wissensstand existieren diesbezüglich keine einheitlich übertragbaren Methoden, die zum einen die anfallenden Kosten und den entstandenen Nutzen eines Gründaches bzw. einer grünen Fassade erfassen, und gleichzeitig die Unterschiede zwischen den verschiedenen Begrünungstechniken aufzeigen.

Durch die weitreichenden ökonomischen, ökologischen und sozialen Wirkungen von Dach- und Fassadenbegrünungen, und der damit einhergehenden Komplexität bei der monetären Erfassung, sind allgemeine Aussagen zur Rentabilität von Bauwerksbegrünungen schwierig. Vor allem die Auswahl der relevanten Kosten- und Nutzenstellen, als auch die Bewertung der Begrünungsmaßnahmen sind maßgeblich von den Sichtweisen der einzelnen Stakeholder abhängig. Die Interpretation der Ergebnisse wiederum obliegt den jeweiligen Entscheidungsträger*innen. Dieser Umstand grenzt den Rahmen für eine objektive Analyse und die Übertragbarkeit eines bestimmten Verfahrens merklich ein.

Die weitere methodische Vorgehensweise zielte darauf ab, dass diese Punkte in einer Analyse Berücksichtigung finden. Das angewendete Verfahren musste sowohl nachvollziehbar, als auch auf reale städtebauliche Situationen transferierbar sein.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Wirtschaftlichkeitsanalysen

Kapitel 2.1 dieser Arbeit gibt einen Überblick über die gängigen in der Planung und Verwaltung genutzten Wirtschaftlichkeitsanalyseverfahren. Um die praktischen Anwendungen dieser Analysen zu veranschaulichen und den Zusammenhang zwischen Kosten-Nutzen-Untersuchungen und der Planung und Bewertung von Projekten zu verdeutlichen, werden nach einer Beschreibung der ausgewählten Verfahren exemplarisch Anwendungsbeispiele mit direktem Bezug zu Grünen Infrastrukturprojekten erörtert.

Ein Hauptcharakteristikum dieser Methoden ist der Versuch eines holistischen Zuganges unter Berücksichtigung sämtlicher für eine Entscheidungsfindung relevanter Kosten- und Nutzenfaktoren. Die ganzheitliche Erfassung der mit einem bestimmten Projekt verbundenen Kosten und der zu erwartenden Nutzen geht gleichzeitig einher mit den subjektiven Einschätzungen und Werthaltungen der Analytiker*innen, die die Auswahl der Entscheidungsgrößen und deren Gewichtung festlegen (Voegelé et al. 2012, S308).

2.1.1 Kosten-Nutzen-Analyse (Cost-Benefit-Analysis)

Sowohl aus volks-, wie auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht handelt es sich bei der Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) um eine Methode des Kostenmanagements, welche als Entscheidungsgrundlage bei komplexen Planungsaufgaben und großen (öffentlichen) Investitionsvorhaben herangezogen wird, um ökonomische Fehlentscheidungen durch eine rein monetäre Bewertung von Projekten zu vermeiden. Durch den Vergleich mehrerer Lösungsalternativen können Kosten-Nutzen-Analysen dazu beitragen Planungsempfehlungen für Entscheidungsträger*innen nachvollziehbarer zu machen und diese zu untermauern (Voegelé et al. 2012, S307).

Aus volkswirtschaftlicher Perspektive sind klassische Kosten-Nutzen-Analysen dazu geeignet einen sparsamen Umgang mit öffentlichen Geldern zu unterstützen, indem verantwortungsvolle Planungsempfehlungen gegeben werden können. Sie verfolgen als vorrangiges Ziel die Steigerung der gesellschaftlichen Wohlfahrt durch die Bereitstellung von nachhaltigen Lösungsalternativen.

Darüber hinaus ist die Kosten-Nutzen-Analyse für private und öffentliche Unternehmen nicht nur ein Werkzeug zur Entscheidungsfindung, sondern auch ein Instrument des betrieblichen Qualitätsmanagements (Benes et al. 2004).

Der Aufbau einer klassischen Kosten-Nutzen-Analyse gestaltet sich wie folgt:

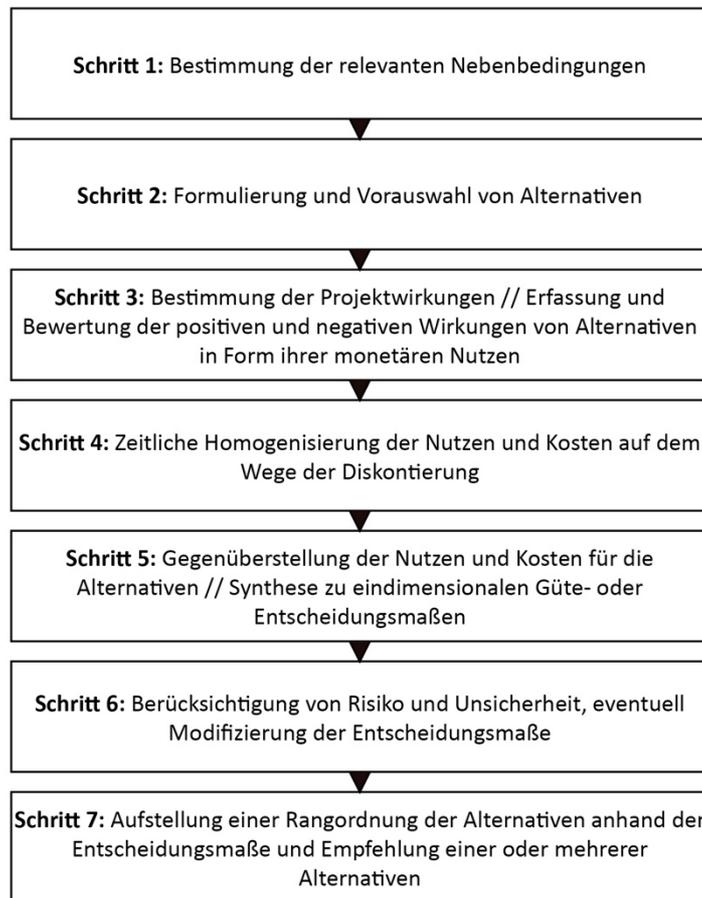


Abbildung 1: Arbeitsschritte einer „klassischen“ Kosten-Nutzen-Analyse, nach: Hanusch 2011 (Eigene Erstellung)

Schritt 1: *Bestimmung der relevanten Nebenbedingungen* (Hanusch 2011, S11-13)

Im ersten Schritt der Kosten-Nutzen-Analyse sollten die politischen, sozialen und technologischen Voraussetzungen, welche den Handlungsspielraum öffentlicher Projekte definieren, geprüft werden. Diese Nebenbedingungen können physischer, budgetärer, gesetzlicher, administrativer oder politischer Natur sein. Bei Unvereinbarkeit mit diesen Grundbedingungen kann es passieren, dass Handlungsalternativen vorweg ausscheiden.

Schritt 2: *Formulierung und Vorauswahl von Alternativen* (Hanusch 2011, S13f)

Sollten die relevanten Handlungsalternative(n) nicht bereits von vornherein feststehen, dann müssen diese selbständig gefunden werden. In der Praxis recherchiert man dazu in der einschlägigen Fachliteratur oder bedient sich Expert*innen-Befragungen. Bei einer Vielzahl unterschiedlicher Handlungsalternativen könne sowohl Kurzanalysen, als auch die Überprüfung der Vereinbarkeit der Alternativen mit den zugrundeliegenden Nebenbedingungen dabei helfen, diese mengenmäßig zu reduzieren. Der Planungsnullfall stellt dabei immer eine selbständige Handlungsalternative dar. Generell müssen sämtliche in Frage kommenden Alternativen denkbar, beschreibbar, vollständig und miteinander vergleichbar sein (Kunze et al. 1974, S36f).

Schritt 3: *Bestimmung der Projektwirkungen; Erfassung und Bewertung der positiven und negativen Wirkungen von Alternativen in Form ihrer monetären Nutzen und Kosten;* (Hanusch 2011, S16-21)

Die Bewertung der positiven und negativen Wirkungen von öffentlichen Projekten basiert nach heutigem Wissensstand auf den Grundgedanken einer klassischen Haushaltstheorie. Diese untersucht das Konsumentenverhalten und die Kaufentscheidungen von Individuen anhand der Präferenzen, die Haushalte für ein bestimmtes Gut haben, und des zur Verfügung stehenden Einkommens. Aus diesen zwei Faktoren lässt sich die Zahlungsbereitschaft ermitteln, welche sich an den vorherrschenden Marktpreisen und der nachgefragten Menge orientiert. Dabei wird davon ausgegangen, dass Konsument*innen stets entsprechend ihrer Zahlungsbereitschaft nach einer Nutzenmaximierung streben. Ab einer bestimmten Konsummengruppe tritt jedoch eine Sättigung ein und es entsteht kein zusätzlicher Nutzen mehr für die Konsument*innen. Das bedeutet, dass der Nutzenzuwachs sich an den existierenden Marktpreisen orientiert und somit monetär erfasst werden kann. Hinsichtlich der Bewertung der Wirkungen von öffentlichen Projekten ist vor allem die Frage nach der Veränderung der Versorgungssituation der Haushalte nach der Realisierung eines Projektes essenziell. Es handelt sich dabei sowohl um positive Wirkungen in Form von Nutzen, als auch um negative Wirkungen, welche als (Opportunitäts-)Kosten verstanden werden. Um in einer Kosten-Nutzen-Analyse eine profunde Bewertung durchführen zu können, erfolgt eine Aggregation der individuellen Präferenzen bzw. der individuellen Zahlungsbereitschaften.

Seit den 1940er Jahren haben sich Fachleute größtenteils auf die Verwendung des ordinalen Bewertungsansatzes geeinigt. Dieser versucht festzustellen, ob mit der Durchführung eines Projektes auch ein Nutzenzuwachs für jede Einzelperson einhergeht.

„Eine Wohlfahrtssteigerung für die Gesellschaft insgesamt ergibt sich nach diesem Konzept immer dann, wenn sich der Nutzen eines einzelnen oder einer Vielzahl von Wirtschaftssubjekten vermehrt, ohne dass er zugleich auch nur bei einem einzigen Individuum absinkt“ (Hanusch 2011, S19).

Dieses als Pareto-Kriterium bezeichnete Konzept (Hanusch 2011, S19) geht also davon aus, dass bei öffentlichen Projekten die gesamte Gesellschaft profitiert und gleichzeitig keinem einzigen Individuum eine Nutzenminderung widerfährt. Diese Annahme funktioniert freilich nur als theoretisches Modell. Aus diesem Grund haben KALDOR und HICKS (2011) dieses Konzept zur Bewertung von gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrtswirkungen weiterentwickelt und gehen explizit von potenziellen Paretoverbesserungen aus. Wirtschaftswissenschaftler*innen sprechen in diesem Zusammenhang vom Kaldor-Hicks-Kriterium. Unter Berücksichtigung dieses Kriteriums geht der ordinale Bewertungsansatz von gleichbleibenden Nutzenniveaus für alle Individuen aus, wobei die positiven und negativen Wirkungen von Projekten als Kompensationsabgaben oder -forderungen ausgeglichen werden. Diese Ausgleichsbeträge werden als Kompensationsvariation bezeichnet. Von Äquivalenzvariation wird dann gesprochen, wenn das Nutzenniveau während oder nach der Realisierung eines Projektes als Referenzgröße angenommen wird.

„Addiert man die monetären Beträge der Kompensations- oder der Äquivalenzvariation für alle betroffenen Individuen auf, so erhält man einen aussagefähigen Indikator, der die Wohlfahrtswirkungen öffentlicher Projekte im Sinne von potentiellen [sic!] Paretoverbesserungen oder -verschlechterungen in Geldeinheiten angibt“ (Hanusch 2011, S20).

Beim Versuch der ökonomischen Bewertung der positiven und negativen Auswirkungen von öffentlichen Projekten sehen sich Fachleute oft mit der Tatsache konfrontiert, dass für manche Güter keine erheblichen Preise existieren. Um diesem Problem entgegenzuwirken, werden für derartige Güter künstliche Verrechnungspreise, sogenannte Schattenpreise, angenommen. Diese finden in einer Kosten-Nutzen-Analyse vor allem dann Beachtung, wenn es sich um öffentliche Güter handelt oder wenn von einem Projekt externe Effekte ausgehen, welche nicht in Marktpreisen erfasst werden können (Hanusch 2011, S57). In weiterer Folge wird in Kapitel 2.3 dargestellt wie Kosten-Nutzen-Analytiker*innen in solchen Fällen vorgehen und welche Bewertungsverfahren ihnen zur Verfügung stehen.

Schritt 4: *Zeitliche Homogenisierung der Nutzen und Kosten auf dem Wege der Diskontierung;* (Hanusch 2011, S101-117)

Bei einer Kosten-Nutzen-Analyse müssen sämtliche Kosten und Nutzen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten wirksam werden, auf einen gemeinsamen Vergleichszeitpunkt abgezinst werden. Diese Vorgehensweise wird als Diskontierung bezeichnet. Der zugrundeliegende Gedanke ist der, dass mithilfe des Abzinsungsfaktors (= Diskontierungsrate) der Gegenwartswert bzw. Barwert aller mit einem Projekt verbundenen Kosten und Nutzen ermittelt wird. Die Differenz dieser Gegenwartswerte bildet den Nettogegenwartswert eines Projektes bzw. den Kapitalwert, welcher eine geeignete Kennzahl zur Abschätzung der Auswirkungen eines Projektes darstellt. Als adäquater Vergleichszeitpunkt wird für gewöhnlich der Projektbeginn gewählt. Die Wahl der Diskontierungsrate entscheidet über die Wirtschaftlichkeit eines (öffentlichen) Investitionsprojektes. Ein hoher Abzinsungsfaktor bedeutet, dass für Wertströme, je weiter sie in der Zukunft liegen, niedrigere Gegenwartswerte angenommen werden. Um Unsicherheiten entgegenzuwirken hat es sich in der Praxis bewährt die mit dem Projekt einhergehenden Kosten und Nutzen mit mehreren unterschiedlichen Diskontierungsraten zu kalkulieren.

Schritt 5: *Gegenüberstellung von Nutzen und Kosten für die verschiedenen Alternativen; Synthese zu eindimensionalen Güte- oder Entscheidungsmaßen;* (Hanusch 2011, S118-130)

Dieser Schritt der KNA dient der Entscheidungsfindung darüber, welche Handlungsalternative(n) zur Realisierung empfohlen wird/werden. Die Wahl eines oder mehrerer Projekte stützt sich grundsätzlich auf drei dynamische Entscheidungskriterien. Diese sind der Nettogegenwartswert, das Nutzen-Kosten-Verhältnis und das Kriterium des internen Zinsfußes. Der Nettogegenwartswert gilt als das wichtigste Maß für die Projekteinschätzung und wurde bereits in Schritt 4 erörtert. Das Verhältnis- oder Quotientenkriterium setzt die abgezinsten Kosten und Nutzen zueinander in Verhältnis. Streng genommen handelt es sich dabei um eine Umformulierung des Nettogegenwartswertes. Unter Fachleuten gilt das Verhältnis- oder Quotientenkriterium als veraltet und kommt daher nur mehr selten zur Anwendung. Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit die Entscheidung für eine bestimmte Alternative nach dem Kriterium des internen Zinsfußes zu fällen.

„Als internen Zinsfuß bezeichnet man jenen Abzinsungsfaktor, der dazu führt, dass die Summe der auf den Basiszeitpunkt abdiskontierten Nutzen eines Projekts genau die Summe der ebenfalls abgezinsten Kosten entspricht. Er gibt demnach die durchschnittliche Effektivverzinsung der Ressourcen an, die in einem Projekt gebunden sind“ (Hanusch 2011, S120).

Das dem internen Zinsfuß zugrundeliegende Modell führt oftmals dazu, dass mehrere Zinsfüße kalkuliert werden, wodurch sich Unschärfen bei der Berechnung der Güte- oder Entscheidungsmaße ergeben. Ebenso wie das Verhältniskriterium, ist das Kriterium des internen Zinsfußes somit nur begrenzt praxistauglich.

Empfehlungen zur Projektrealisierung werden also primär mithilfe des Nettogegenwartwertes getroffen. Handlungsalternativen mit einem Nettogegenwartwert von größer als null bieten sich ausnahmslos für eine Umsetzung an. Bei mehreren positiv bewerteten Alternativen sollte eine Reihung entsprechend des generierbaren gesellschaftlichen Mehrwerts der jeweiligen Alternative erfolgen.

Schritt 6: *Berücksichtigung von Risiko und Unsicherheit, eventuell Modifizierung der Entscheidungsmaße;* (Hanusch 2011, S131-140)

Selbst bei sorgfältigster Erhebung der Kosten und Nutzen bestehen weiterhin Unsicherheiten aufgrund ungewisser Zukunftsentwicklungen. Bei der Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse werden unterschiedliche Zustände oder Szenarien angenommen um diese Unsicherheitsfaktoren in der Analyse zu berücksichtigen. Das bedeutet, dass aufgrund mehrerer Eintrittswahrscheinlichkeiten, anstatt einem tatsächlichen Nettogegenwartwertes mehrere Nettogegenwartswerte auftreten. Diese müssen wiederum als eindimensionales Güte- bzw. Entscheidungsmaß ausgedrückt werden.

„In einer Entscheidungskonstellation, die durch Risiko gekennzeichnet ist, können die prognostizierten Nutzen und Kosten eines Projekts als Zufallsvariablen interpretiert und durch eine Wahrscheinlichkeitsverteilung charakterisiert werden. Diese wird entweder mit Hilfe von objektivem Datenmaterial oder mittels subjektiver Einschätzung des Analytikers [sic!] ermittelt“ (Hanusch 2011, S132).

Für die Abschätzung von Unsicherheiten kann außerdem eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt werden. Dabei wird überprüft inwieweit die Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analyse variieren, wenn man einen oder mehrere Inputfaktoren verändert (Voegele et al. 2012, S324).

Schritt 7: *Aufstellen einer Rangordnung der Alternativen anhand der Entscheidungsmaße und Empfehlung einer oder mehrerer Alternativen.* (Vgl. Hanusch 2011, S7)

Die aus einer Kosten-Nutzen-Analyse abgeleiteten Handlungsempfehlungen müssen nachvollziehbar und überprüfbar sein. Aus diesem Grund ist die Dokumentation der einzelnen Arbeitsschritte und die Nennung sämtlicher Quellen unumgänglich.

2.1.2 Nutzwertanalyse (Cost-Effectiveness-Analysis)

Mithilfe der Nutzwertanalyse versucht man, die unterschiedlichen Handlungsalternativen eines Projekts, anhand von vordefinierten Zielen hierarchisch zu ordnen, um dadurch die Entscheidungsfindung zu erleichtern.

Im Gegensatz zur klassischen Kosten-Nutzen-Analyse, welche die weitreichenden Auswirkungen von (öffentlichen) Projekten in ihrer Gesamtheit monetär zu erfassen und zu

beurteilen versucht, erhebt die Nutzwertanalyse, wie auch die Kosten-Wirksamkeits-Analyse, nicht diesen Anspruch.

Die Nutzwertanalyse ist in ihrer Modalität eng an die Kosten-Wirksamkeits-Analyse gekoppelt. In der englischsprachigen Fachliteratur gibt es zwischen den zwei Analyseverfahren keine eindeutige Differenzierung. Bei beiden handelt es sich um spezielle Verfahren der Kosten-Nutzen-Analyse. Sie werden vor allem dazu verwendet, Infrastrukturprojekte zu evaluieren, und kommen vorrangig im Bildungs-, Forschungs- und Gesundheitswesen zur Anwendung (Hanusch 2011, S175ff). In der Privatwirtschaft dienen sie als Entscheidungstool für Investitionen und sind darüber hinaus ein wesentlicher Bestandteil der Planung von Produktionsprozessen bei der Entwicklung und Fertigung von Produkten (Voegelé et al. 2012, S308).

Im Unterschied zur Kosten-Wirksamkeits-Analyse (siehe Kapitel 2.1.3) beschränkt sich die Nutzwertanalyse aber nicht nur auf die Klassifizierung der Teilwirksamkeiten, sondern versucht darüber hinaus die Gesamtwirksamkeiten = Nutzwerte zu ermitteln. Dieser Arbeitsschritt ist notwendig, um abschließend eine eindeutige Reihung der Alternativen vornehmen zu können.

„Um diese Rangordnung zu ermitteln, muss für jede Prinziplösung der Nutzwert bestimmt werden. Der Nutzwert wird nicht allein aufgrund objektiver Informationen über die Zielerträge der Lösungsalternativen ermittelt, sondern es werden in gleichem Maße subjektive Informationen berücksichtigt“ (Voegelé et al. 2012, S309).

Das bedeutet, die Nutzwertanalyse bedient sich sowohl quantitativer Messgrößen, als auch qualitativer Faktoren, welche bei der Ermittlung der Nutzwerte Beachtung finden.

Die Nutzwertanalyse fokussiert ausschließlich die Wirkungen von unterschiedlichen Handlungsalternativen. Die Kostenseite wird bei der Erhebung nicht berücksichtigt. Es besteht lediglich die Möglichkeit, die Kosten einer Alternative in Form von negativen Teilnutzwerten nachträglich in die Erhebung zu inkludieren (Hanusch 2011, S175-182).

KUNZE et al. weisen darauf hin, dass sämtliche Entscheidungen im Zuge einer Nutzwertanalyse „zweckrational“ getroffen werden müssen. „Zweckgerichtete Entscheidungen“ dienen dazu, zukünftige Entwicklungen in eine bestimmte Richtung zu lenken. Aus planerischer Sicht sollen sie dazu beitragen, den „gesamtgesellschaftlichen Nutzen“ (siehe Kapitel 2.2 & Mishan 1975) zu steigern. Folglich müssen bei der Formulierung der zu erreichenden Ziele die Vorstellungen aller Beteiligten und von der Planung Betroffener berücksichtigt werden. Entscheidungen gelten als zweckrational, wenn sie einer eindeutigen Maxime bzw. Richtschnur folgen (Kunze et al. 1974, S20f).

Der Ablauf einer Nutzwertanalyse umfasst laut HANUSCH (2011) die folgenden Arbeitsschritte:

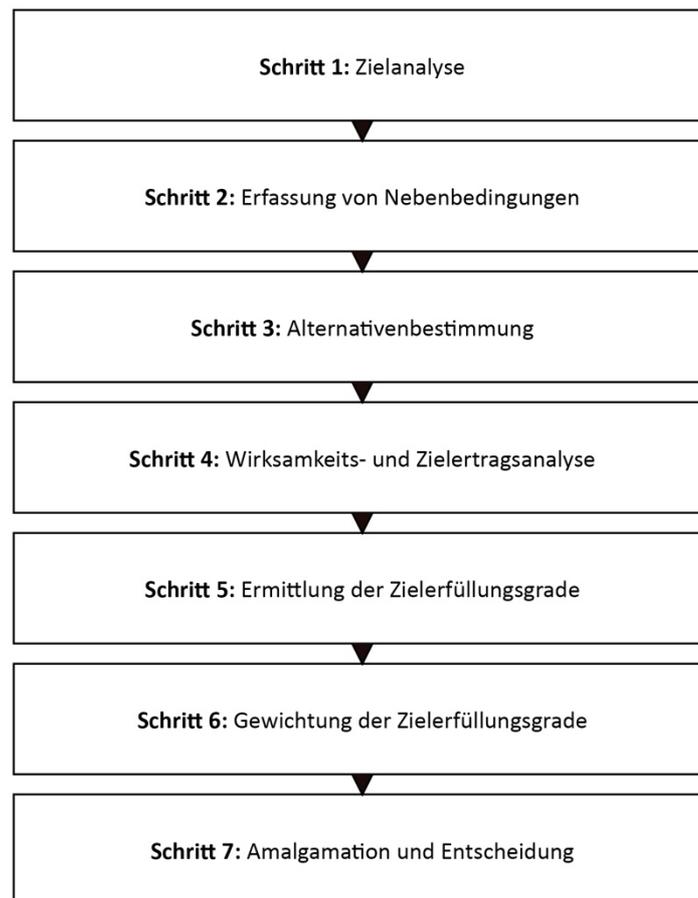


Abbildung 2: Arbeitsschritte einer Nutzwertanalyse, nach: Hanusch 2011 (Eigene Erstellung)

Die genaue Zieldefinierung im Rahmen einer *Zielanalyse* dient der Ermittlung der von einem Projekt ausgehenden Wirkungen. Sind diese Subziele nicht klar vorgegeben, wird mithilfe der Zielanalyse ein Zielsystem erstellt. Dieses sollte sowohl die eigentlichen Ziele eines bestimmten Projektes beinhalten, also den Sinn und Zweck einer (öffentlichen) Investition, als auch Ziele formulieren, die humane und ökologische Wertvorstellungen repräsentieren.

Anschließend werden unter Berücksichtigung der politischen, sozialen und technischen Rahmenbedingungen, die möglichen Handlungsalternativen ermittelt und bewertet.

Danach folgt das sogenannte Amalgamationsverfahren:

Nach der Quantifizierung der positiven und negativen Wirkungen entsprechend des vordefinierten Zielsystems (Wirksamkeitsmatrix/Zielertragsmatrix) werden in Arbeitsschritt 5 die *Zielerfüllungsgrade* ermittelt. Dafür werden die Teilwirksamkeiten in Kardinalskalen, entsprechend eines einheitlich skalierten Bewertungsschlüssels, umgewandelt. Zu diesem Zweck empfiehlt sich die Verwendung einfacher Punkteskalen. Je nach Priorität der einzelnen Teilziele erfolgt deren *Gewichtung* zumeist nach der 100-Punkte-Regel. Dabei werden 100 Punkte je nach Wichtigkeit auf sämtliche Teilziele verteilt, um daraus die Teilnutzwerte zu berechnen (Hanusch 2011; Kunze et al. 1974).

„Nach vollzogener Gewichtung der Zielerfüllungsgrade ist es möglich, eine Teilnutzenmatrix aufzustellen, indem man die einzelnen Zielerträge mit den Gewichtungsfaktoren multipliziert“ (Hanusch 2011, S180).

In weiterer Folge werden die kalkulierten Teilnutzwerte (Zielerträge x Gewichtungsfaktoren) einer Alternative miteinander addiert und der Gesamtnutzen bzw. Nutzwert errechnet. Durch eine Gegenüberstellung der jeweiligen Nutzwerte kann eine Rangordnung ermittelt werden. In Hinblick auf die Frage nach der Wirtschaftlichkeit eines (öffentlichen) Projekts wird jene Alternative als die „geeignetste“ angesehen, die die höchste Punktzahl erreichen kann und folglich auch den größten Nutzwert aufweist (Voegele et al. 2012, S322f).

2.1.3 Kosten-Wirksamkeits-Analyse (Cost-Effectiveness-Analysis)

Bei der Durchführung einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse werden, analog zur Nutzwertanalyse, die Wirksamkeiten nicht monetär erfasst, jedoch finden die Kosten in Form von Geldwerten sehr wohl Berücksichtigung.

Auch hier wird zunächst durch die Formulierung von Teilzielen ein projektspezifisches Zielsystem erstellt. Während die (Opportunitäts-)Kosten eines Projektes zur Gänze erfasst werden, werden Outputwirkungen ausschließlich nicht-monetär bewertet und nur auf der Ebene der projektbezogenen, vordefinierten Teilziele.

Diese multiplen Zielsetzungen haben zur Folge, dass keine eindeutige Rangfolge der Handlungsalternativen aufgestellt werden kann, da keine Entscheidungsmaße hinsichtlich deren Gesamtwirkungen vorhanden sind. Folglich können mithilfe einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse nur solche Handlungsalternativen gegeneinander verglichen werden, die sich am selben Subziel orientieren (Hanusch 2011, S161ff).

Kosten-Wirksamkeits-Analysen folgen dem nachstehenden Ablauf:
(Hanusch 2011, S161-173)

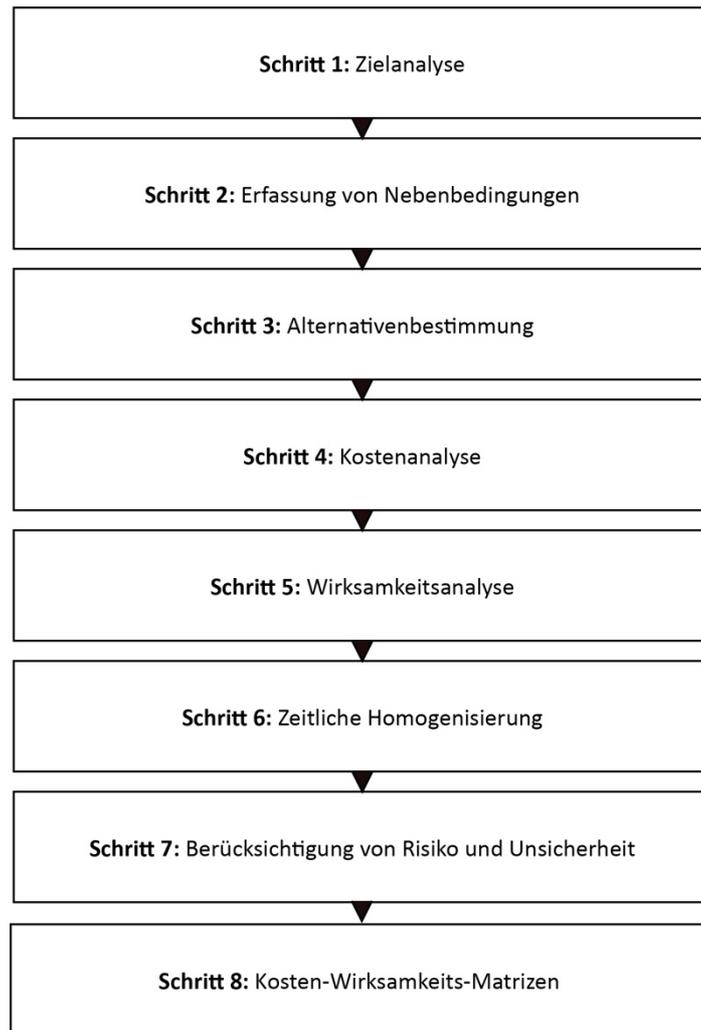


Abbildung 3: Ablauf einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse, nach: Hanusch 2011 (Eigene Erstellung)

Die ersten drei Arbeitsschritte der Kosten-Wirksamkeits-Analyse decken sich in ihrer Vorgehensweise mit denen der Nutzwertanalyse (siehe Abbildung 4).

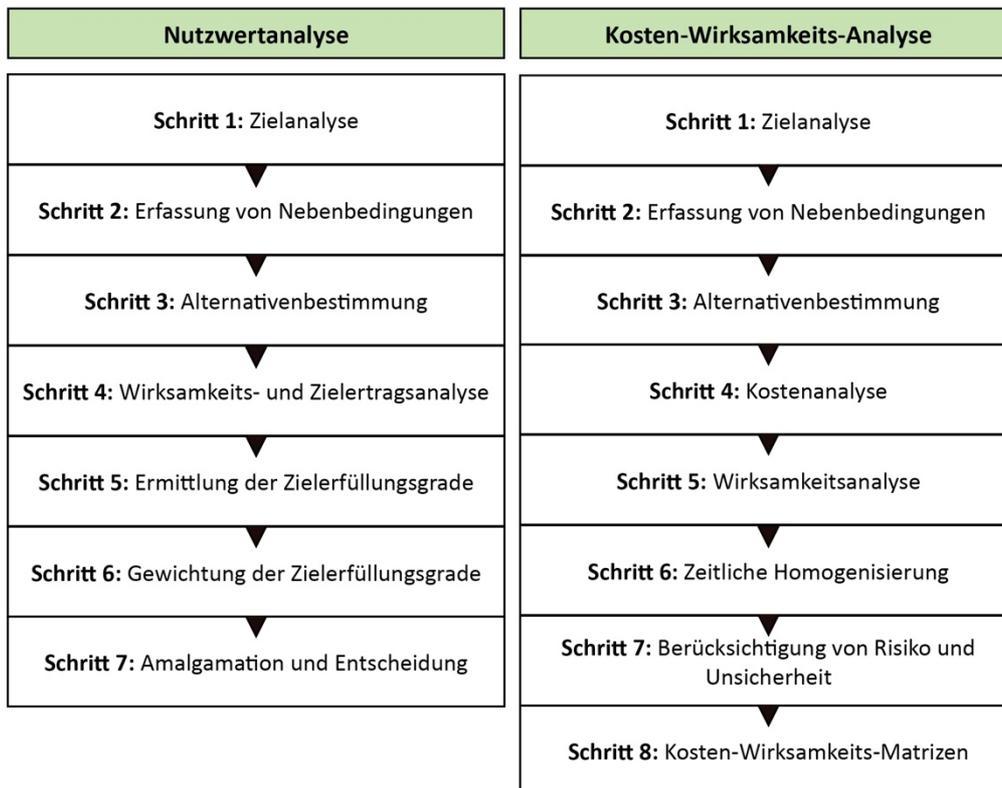


Abbildung 4: Vergleich der einzelnen Teilschritte einer Nutzwertanalyse und einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse, nach: Hanusch 2011 (Eigene Erstellung)

Anschließend werden den unterschiedlichen Handlungsalternativen die Kosten zugeordnet. In weiter Folge werden im Zuge einer *Wirksamkeitsanalyse* für die einzelnen Subziele die potenziellen Wirksamkeitsmaße (z. B. mithilfe von Indikatoren) ermittelt. Für die praktische Anwendung empfiehlt es sich, auf Vergleichskriterien aus bereits abgeschlossenen Wirtschaftlichkeitsanalysen zurückzugreifen und diese Kriterien entsprechend anzupassen. Die Messung der Teilwirksamkeiten erfolgt durch Einordnung in Nominal-, Ordinal- oder Kardinalskalen.

Zur Veranschaulichung dient eine Wirksamkeits- oder Zielertragsmatrix, „in der für jedes betrachtete Alternativvorhaben und für jedes angestrebte Teilziel der Grad der Teilwirksamkeit eingetragen ist“ (Hanusch 2011, S168).

Um Planungsempfehlungen aussprechen zu können, müssen die ermittelten Kosten und Wirksamkeiten abschließend in einer *Kosten-Wirksamkeits-Matrix* zusammengeführt und geordnet werden. Dabei ist jenes Projekt zu empfehlen, welches eindeutig die höchsten Werte und die niedrigsten Kosten aufweist. Ist diese Eindeutigkeit nicht gegeben, dann können die Handlungsalternativen entsprechend ihrer Dominanz geordnet werden.

2.2 Gesellschaftlicher Nutzen und Potenziale von Dach- und Fassadenbegrünungen

In der Privatwirtschaft bedienen sich Unternehmer*innen ebenso weiterer Entscheidungsinstrumente, um die Rentabilität von Investitionsvorhaben langfristig abschätzen

zu können, beispielsweise durch diverse Kostenmanagement-Konzepte oder durch unterschiedliche Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung (Voegelé et al. 2012, S227ff).

Tabelle 1: Beispiele für betriebswirtschaftliche Entscheidungsinstrumente, nach: Voegelé et al. 2012 (Eigene Erstellung)

Instrumente des Kostenmanagements	Statische Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung	Dynamische Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung
Target Costing	Kostenvergleichsrechnung	Kapitalwertmethode
Lifecycle Costing	Gewinnvergleichsrechnung	Interne Zinsfuß-Methode
Cost Benchmarking	Rentabilitätsrechnung	Annuitätenmethode

„Die Praxis zeigt, dass gerade bei komplexen Planungsaufgaben und Investitionsvorhaben [...] die Auswahl und Entscheidung für eine Lösung allein aufgrund einer Wirtschaftlichkeitsrechnung oft zu Fehlentscheidungen führen kann, deren Auswirkungen nicht oder nur unter großen Verlusten rückgängig gemacht werden können“ (Voegelé et al. 2012, S307).

Demnach sind Kosten-Nutzen-Analysen als strategische Entscheidungsinstrumente auch für Betriebswirte geeignet, da quantitative und qualitative Einflussfaktoren in den Analysen berücksichtigt werden.

Wirtschaftlichkeitsrechnungen dienen als wertvolle Hilfsmittel um vorab Zukunftsentwicklungen abzuschätzen und betriebliche Entscheidungen zu erleichtern, jedoch verfolgen sie einen rein monetären Ansatz. Sie alle unterliegen dem Dogma der Gewinnmaximierung und vernachlässigen aus volkswirtschaftlicher Sicht auftretende positive und negative externe Effekte. Dabei handelt es sich um Neben- oder Folgewirkungen (Mishan 1975, S73ff) bzw. Drittwirkungen (Hanusch 2011, S68ff), die die Gesamtwirtschaft, und somit die gesamte Gesellschaft betreffen.

MISHAN spricht in diesem Zusammenhang von einem *Modell des gesellschaftlichen Nutzens* (Mishan 1975, S9ff).

„Anstelle der Kosten des Privatunternehmens setzt der Wirtschaftswissenschaftler den Begriff der Opportunitätskosten – darunter versteht er den entgangenen gesellschaftlichen Nutzen, wenn die zur Verfügung stehenden Mittel nicht den in Betracht kommenden wirtschaftlichen Alternativen zugeleitet werden, sondern in ein bestimmtes Projekt gesteckt werden. Den Gewinn des Privatunternehmens ersetzt der Wirtschaftswissenschaftler durch das Modell eines die Kosten übersteigenden gesellschaftlichen Zusatznutzens“ (Mishan 1975, S11).

Bezüglich der Frage nach den weitreichenden gesamtgesellschaftlichen Auswirkungen und den Leistungen von Nature-based Solutions (NBS), befasste sich eine internationale Expert*innen-Gruppe im Zuge des EKLIPSE Projektes mit diesem Thema (Raymond et al. 2017, S1ff). Ziel dieser Arbeit war es, einen Rahmenplan für die Bewertung von NBS-Maßnahmen zu entwickeln. Neben der Formulierung von Wirkungsfeldern und den dazugehörigen Kriterien für deren Messbarkeit, wurde auch versucht, geeignete Indikatoren und Möglichkeiten für die Bewertung von Nature-based Solutions zu erarbeiten (Raymond et al. 2017, S3ff). In der von RAYMOND et al. (2017) durchgeführten Studie mit dem Titel *An impact evaluation framework*

to support planning and evaluation of nature-based solutions projects wurden von den Autor*innen Wirkungsfeldern erhoben, von denen aufgrund diverser NBS-Maßnahmen, in unterschiedlich hohem Maße, positive sozioökonomische und ökologische Effekte ausgehen. Folglich handelt es sich aus wirtschaftswissenschaftlicher Sicht um eben genannte Folge- bzw. Drittwirkungen (Mishan 1975, Hanusch 2011). Der Beitrag von Dach- und Fassadenbegrünungen zum tatsächlichen Ausmaß dieser Synergieeffekte variiert dabei je nach Wirkungsfeld. Angelehnt an RAYMOND et al. (2017) findet sich in den nachfolgenden Kapitel 2.2.1 bis 2.2.6 eine Aufschlüsselung jener Wirkungsfelder, innerhalb welcher positive Wechselwirkungen zwischen Mensch/Umwelt und Gebäudebegrünungen entstehen, und welche von den Autor*innen explizit angesprochen wurden.

2.2.1. Beitrag von Dach- und Fassadenbegrünungen zur Klimaresilienz (Adaption und Mitigation)

Um den negativen Folgen des Klimawandels entgegenzuwirken wurden zwei miteinander interagierende Konzepte entwickelt (Raymond et al. 2017, S9). Unter Adaption versteht man die Fähigkeit eines (Öko-)Systems durch Anpassung auf (negative) externe Einflüsse, z. B. den Klimawandel, zu reagieren (Derkzen et al. 2017, S106ff). Mitigation bezeichnet das Potenzial durch aktive oder passive Beeinflussung eines Parameters/Treibers den Ist-Zustand zu verbessern, beispielsweise durch die Vermeidung oder Minderung des CO₂-Ausstoßes (Raymond et al. 2017, S9). RAYMOND et al. (2017) weisen darauf hin, dass NBS-Maßnahmen dahingehend auf mehreren Ebenen wirken. Die Effekte von Dach- und Fassadenbegrünungen sind hauptsächlich auf der Mikroebene (Gebäude + direktes Umfeld) und der Mesoebene (Stadt/Gemeinde) wirksam. Durch die Regulierung des Mikroklimas leisten sie einen positiven Beitrag zur Klimaresilienz (Raymond et al. 2017, S9). Eine klimatische Verbesserung des Umfelds durch Gebäudebegrünungen resultiert aus der damit einhergehenden Beschattung und Kühlung durch die Vegetation (Demuzere et al. 2014, S109). Durch die Evapotranspiration der Pflanzen entsteht Verdunstungskälte, wodurch ein Kühleffekt eintritt. Folglich kommt es zu einer Reduktion der Umgebungstemperaturen. Somit können Dach- und Fassadenbegrünungen als effektive Maßnahmen zur Adaption und Mitigation von städtische Hitzeinseln (Urban Heat Islands-Effekt) und Hitzestress erachtet werden. Darüber hinaus besitzen sie das Potenzial durch die Dämmwirkung der Pflanzen zur Energieeinsparung innerhalb eines Gebäudes beizutragen. Auf globaler Ebene wäre ein weiterer positiver Effekt die Sicherung einer fortdauernden Kohlenstoffspeicherung durch die Vegetation (Raymond et al. 2017, S10).

2.2.2. Beitrag von Dach- und Fassadenbegrünungen zu einer nachhaltigen Wasserwirtschaft

Der generelle Trend zur Urbanisierung und Landflucht ist mit einem kontinuierlichen Wachstum der Städte verbunden. Durch die Zunahme der Bevölkerungsdichte, sowie durch Verschmutzung, erhöht sich der Druck auf die städtische Wasserversorgung. Dies kann unterschiedliche negative Folgen mit sich führen, beispielsweise eine Minderung der Wasserqualität und/oder eine reduzierte Verfügbarkeit von H₂O (Raymond et al. 2017, S11). Im Kontext des Klimawandels wurde für Europa folgende Prognose aufgestellt: Eine Häufung von niederschlagsfreien Perioden mit gleichzeitiger Zunahme von Starkregenereignissen (Kovats et al. 2014, S1270ff). Intensive Niederschläge führen zu erhöhten Abflussspitzen und führen folglich zu einer Überlastung des Kanalisationsnetzes. Darüber hinaus steigt die Gefahr von Überflutungen (Davis et al. 2017, S123ff). NBS-Maßnahmen versuchen durch die Nutzung

bzw. die Nachahmung natürlicher Prozesse (Versickerung, Evapotranspiration) diesen Problemen entgegenzuwirken und so zu einer nachhaltigen Wasserwirtschaft beizutragen. Durch die Schaffung und Förderung von versickerungsfähigen Flächen, sowie von natürlichen Regenwasserspeichern und Vegetationsflächen sollen bei Starkregenereignissen die Abflussspitzen reduziert und das Niederschlagswasser zeitlich verzögert in das Kanalisationsnetz gelenkt werden (Raymond et al. 2017, S11). Dank dieses „kontrollierten“ Abflusses kann das städtische Abwassersystems entlastet werden. Auch aus ökonomischer Sicht hat dies eine Reihe von positiven Auswirkungen. Beispielsweise kommt es zu einer Minderung des Überschwemmungs- bzw. des Hochwasserrisikos und der damit verbundenen hohen Folgekosten (City of Portland Bureau of Environmental Services 2010, S27ff). Außerdem ist von reduzierten Abwassergebühren für die Allgemeinheit auszugehen. Diesbezüglich leisten Dach- und Fassadenbegrünungen einen wichtigen Beitrag zur quantitativen und qualitativen Sicherung urbaner Wasserressourcen (Raymond et al. 2017, S11ff).

2.2.3. Beitrag von Dach- und Fassadenbegrünungen zu einer verantwortungsvollen Grünraumbewirtschaftung

Aufgrund ihrer Natürlichkeit bzw. ihres naturnahen Charakters leisten urbane Wasser- und Grünflächen einen wichtigen Beitrag zur Resilienz und Nachhaltigkeit von Städten. Von ihnen darf in weiterer Folge ein ökologischer, ökonomischer und gesellschaftlicher (Zusatz-)Nutzen angenommen werden (Raymond et al. 2017, S19). Einerseits besteht die Möglichkeit mithilfe von Wasser- und Grünflächen eine (ökologisch bzw. ökonomisch) nachhaltige Stadtstruktur zu schaffen, andererseits sind damit weitreichende soziale und kulturelle Folgewirkungen verbunden, beispielsweise die Steigerung der Aufenthaltsqualität und des Erholungswerts des öffentlichen Raums, mehr Platz für soziale Interaktion, etc. (Raymond et al. 2017, S19). Darüber hinaus sind Wasser- und Grünflächen wichtige Komponenten einer gesundheitsfördernden Stadtentwicklung (City of Portland Bureau of Environmental Services 2010, S17ff). Zudem dienen sie der Förderung und Erhaltung der urbanen Biodiversität, indem sie den unterschiedlichen Tier- und Pflanzenarten Lebensraum bieten und zur Biotopvernetzung beitragen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S25ff). Im Sinne einer gewissenhaften Grünraumbewirtschaftung bedarf es laut RAYMOND et al. (2017) einer Kombination an bereits bestehenden, wiederhergestellten und neu zu etablierenden NBS-Maßnahmen. Dach- und Fassadenbegrünungen leisten diesbezüglich einen wichtigen Beitrag und können beispielsweise in Kombination mit weiteren NBS-Maßnahmen in den städtischen Grünflächenplänen festgelegt werden (Raymond et al. 2017, S19ff).

2.2.4. Beitrag von Dach- und Fassadenbegrünungen zu einer Verbesserung der Luft- und Umgebungsqualität

Die Qualität der Luft hat einen direkten Einfluss auf die menschliche Gesundheit (Chay et al. 2003, S2ff). Sämtliche NBS-Maßnahmen, die eine Verbesserung der Luftqualität unterstützen, sind eng an die Mitigationstrategie zur Verringerung von Treibhausgasemissionen geknüpft (Raymond et al. 2017, S23). Dach- und Fassadenbegrünungen können insofern zu einer Verbesserung der Luftqualität beitragen, indem sich Luftschadstoffe auf den Pflanzenteilen ablagern und dadurch eine Filterwirkung entsteht (Pfoser 2016, S93). Die Effektivität dieses Prozesses ist abhängig vom Zusammenwirken von privaten bzw. öffentlichen Grünflächen und

begrüntem Bauwerken. Darüber hinaus haben Dach- und Fassadenbegrünungen positive Auswirkungen auf das Gebäude selbst, beispielsweise einen reduzierten Energiebedarf dank der Dämmwirkung der Pflanzen, sowie eine Steigerung der Aufenthaltsqualität im Gebäuden durch die Schalldämmung der Vegetation (Raymond et al. 2017, S23).

2.2.5. Beitrag von Dach- und Fassadenbegrünungen zur Stadterneuerung

Unter Stadterneuerung versteht man die Formulierung von Planungsstrategien, die die Entwicklung nachhaltiger Städte fördern sollen (European Commission 2015, S8). Aus Sicht der EUROPEAN COMMISSION (2015) können Nature-based Solutions insofern einen Beitrag dazu leisten, als dass sie einerseits die wirtschaftliche Entwicklung des urbanen Raums unterstützen, und andererseits einen positiven Einfluss auf die Stadtökologie haben. Darüber hinaus besitzen sie das Potenzial zu einer sozial gerechten Stadtplanung beizutragen (European Commission 2015, S8). Exemplarische Handlungsfelder der Stadterneuerung wären laut RAYMOND et al. (2017) die Entwicklung und Förderung lokaler Gewerbe(-gebiete), ein energieeffizienter und sozialverträglicher Wohnbau, Wohnumfeldverbesserungen, die Wiederherstellung ökologisch wertvoller Grünflächen, sowie die Auflösung sozialer Disparitäten (Raymond et al. 2017, S27). Die Verfasser*innen betonen, dass bei der Umsetzung von NBS-Maßnahmen auf das Zusammenwirken zwischen Stadterneuerung und den ästhetischen Ansprüchen, die räumliche und bauliche Stadtentwicklung einem anspruchsvollen Design, sowie auf den ökologischen (Mehr-)Wert inklusive einer effizienten Energie- und Wassernutzung, Rücksicht genommen werden muss. Dach- und Fassadenbegrünungen sind aus Sicht der Autor*innen, vor allem in Verbindung mit städtischen Grünflächen und weiteren NBS-Maßnahmen, wichtige Komponenten einer qualitätsvollen Stadtplanung (Raymond et al. 2017, S27ff).

2.2.6. Beitrag von Dach- und Fassadenbegrünungen zur öffentlichen Gesundheit

Das städtische Umfeld und die vorgegebenen Lebensbedingungen haben großen Einfluss auf die menschliche Gesundheit. Grünflächen, inklusive Dach- und Fassadenbegrünungen, können durch die Bereitstellung von Ökosystemleistungen zur Gesundheitssteigerung der Stadtbewohner*innen beitragen (Kabisch et al. 2017, S207ff). Aufgrund des Klimawandels rechnet die Stadt Wien zukünftig mit einer Zunahme an Hitzetagen (Tagesmaximaltemperatur von min. 30 °C), womit auch ein verstärkter Urban Heat Islands-Effekt (UHI) einhergehen wird (Wiener Umweltschutzabteilung – MA22 2015, S6ff). Vor allem hinsichtlich der Tendenz zur fortschreitenden Urbanisierung ist von einer erhöhten Sterblichkeitsrate und einer Zunahme von Krankheiten auszugehen. Von diesen negativen Folgen des Klimawandels werden insbesondere dicht verbaute Gebiete mit einem erhöhten Versiegelungsgrad und wenigen Grünflächen betroffen sein (Raymond et al. 2017, S37). Jedoch hat die städtische Vegetation das Potenzial das (Mikro-)Klima zu regulieren, da durch die Evapotranspirationsleistung der Pflanzen und durch deren Beschattung ein Kühleffekt eintritt (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S20f). Darüber hinaus fördern städtische Grünflächen das physiologische und psychologische Wohlbefinden (van den Berg 2015, S806ff). Sie können einerseits als Freiräume für sportliche Aktivitäten genutzt werden, andererseits dienen sie der Erholung und alltäglichen Stressbewältigung. Sie können somit dazu beitragen, Depressionen vorzubeugen, sowie Adipositas-, Diabetes- oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu reduzieren (Raymond et al. 2017, S37).

2.3 Verfahren zur ökonomischen Umweltbewertung

Wirtschaftlichkeitsanalysen beruhen auf einem wohlfahrtstheoretischen Grundprinzip und zeichnen sich dadurch aus, dass Nebeneffekte von Projektvorhaben in der Planung berücksichtigt werden. Insbesondere bei Umweltvorhaben sind die tatsächlichen Auswirkungen auf Mensch und Natur mannigfaltig und oft nur schwer in Geldwerten zu erfassen.

„Die schädlichen Folgen einer Waldabholzung auf Tier- und Pflanzenwelt, Niederschläge und Bodenqualität, ferner die Moskitoverseuchung durch die Anlage künstlicher Seen oder andere ökologischen Rückwirkungen, die letztlich die Wohlfahrt der Bevölkerung treffen, die Freude an einem wohlgestalteten Gebäude oder, weit häufiger, der Ärger über ein häßliches [sic!] und geschmackloses sind externe Effekte“ (Mishan 1975, S73).

Der tatsächliche Nutzen vieler dieser Folgewirkungen ist oft nur schwer quantifizierbar und dementsprechend schwierig zu bewerten.

„Bei der Bewertung von externen Effekten und öffentlichen Gütern kann man [...] in aller Regel weder auf individuelle Nachfragenkurven noch auf Marktpreise zurückgreifen“ (Hanusch 2011, S74).

Um dieser Problematik entgegenzuwirken, bedienen sich Umweltplaner*innen und Volks- und Betriebswirt*innen verschiedener indirekter und direkter Verfahren zur ökonomischen Umweltbewertung. Im Fokus dieser Verfahren steht zumeist die Bewertung der positiven externen Effekte („Nutzen“), da diese für gewöhnlich schwieriger zu bewerten sind als die negativen Auswirkungen („Kosten“) von Projektvorhaben (Hanusch 2011, S74).

Nachfolgende Tabelle 2 zeigt den breiten Methodenpool der ökonomischen Umweltbewertung und soll veranschaulichen, dass in der Fachliteratur keine einheitliche Klassifizierung der unterschiedlichen Bewertungsmethoden zu finden ist.

Tabelle 2: Ausschnitt unterschiedlicher Methoden zur Umweltbewertung, nach: TEEB 2010, S247; Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2012, S56-60 (Eigene Erstellung)

Methode		Anmerkung / Beispiel	
Bewertung des Marktwerts	Marktpreismethode	Bewertung von Ökosystemleistungen nach Marktpreisen, z. B. Fisch	
	Kosten-basierende Methoden	Vermeidungskosten	Wert von Maßnahmen, z.B. zum Schutz gegen Hochwasser, wird aus den Kosten die ein Hochwasserereignis verursachen würde abgeschätzt
		Wiederherstellungskosten	Wertbestimmung z. B. über die Kosten für eine künstliche Wasserzufuhr als Folge von Grundwasserabsenkungen
		Minderungskosten	Bewertung erfolgt z. B. anhand der Kosten für technische Lawinenschutzmaßnahmen nach Kahlschlag im Schutzwald
	Produktionskostenmethode	z. B. Wertbestimmung anhand der Einkommensentwicklung von Landwirt*innen nach dem Einsatz von Düngemittel und einer dadurch erzielten Produktionssteigerung	
Bewertung nach der Theorie der offenbaren Präferenzen	Reisekostenmethode	Der Erholungswert einer Landschaft wird durch die Anfahrtszeiten und die finanziellen Aufwände der Besucher*innen abgeschätzt	
	Immobilienpreismethode	Bewertung anhand der Wertsteigerung eines Gebäudes, beispielsweise durch Faktoren wie saubere Luft, Wasserflächen, ästhetische Qualität der Umgebung, usw.	
Simulations-basierte Bewertung	Kontingente Bewertungsmethode	Für „Güter“ ohne Nutzungswert; z.B. kann die Zahlungsbereitschaft für Maßnahmen, welche die Qualität eines Gewässers dauerhaft verbessern sollen, durch quantitative Erhebungen mittels Fragebögen zur Freizeitgestaltung (Schwimmen, Angeln, etc.) abgeschätzt werden	
	Auswahlmodellierung	Qualitative Befragung einer repräsentativen Gruppe hinsichtlich ihrer Bereitschaft, eine steuerliche Abgabe für bestimmte Zwecke (z. B. Naturschutzmaßnahmen) mitzutragen; Durch Hochrechnung wird die Zahlungsbereitschaft der Gesamtbevölkerung ermittelt	

2.3.1 Indirekte Umweltbewertungsverfahren

Nachfolgend werden die laut SCHNEIDER wichtigsten indirekten ökologischen Umweltbewertungsverfahren vorgestellt. Diese gehen von der Annahme aus, dass anhand von Markthandlungen, welche in Beziehung zu einem Umweltgut stehen, *indirekt* Schätzungen zu dem Wert dieses Umweltgutes gemacht werden können (Schneider 2001, S2).

2.3.1.1 Reisekostenmethode (Travel Cost Method)

Bei der Reisekostenmethode, auch als *Clawson-Knetsch-Methode* bezeichnet, wird versucht die Zahlungsbereitschaft von Haushalten für die Nutzung eines Umweltgutes festzustellen, um daraus einen Schätzwert für dieses Umweltgut zu eruieren. Dieser Schätzwert orientiert sich dabei an den üblichen Marktpreisen. Diese Methode basiert auf der Grundannahme, dass mit dem Besuch einer öffentlichen Erholungseinrichtung, beispielsweise eines frei zugänglichen Badesees, für die Besucher*innen dennoch Aufwände in Form von Kosten und aufgebrauchter Zeit entstehen. Eine Möglichkeit, die individuelle Zahlungsbereitschaft festzustellen, ist somit die Ermittlung der Anfahrtkosten. Aus der Gesamtheit der Anfahrtkosten lässt sich in weiterer Folge ein Schätzwert für den Nutzen ableiten, sofern ausreichend Daten für eine Ermittlung zur Verfügung stehen (Hanusch 2011, S75f; Schneider 2001, S2).

Bei der praktischen Anwendung der Reisekostenmethode wird versucht die „[...] *Abhängigkeiten zwischen der Besucherfrequenz und einer öffentlichen Einrichtung und den aufgewandten Anfahrtkosten zu ermitteln, um daraus eine Art Nachfragekurve für ein öffentliches Angebot abzuleiten*“ (Hanusch 2011, S75).

Ein Nachteil der Reisekostenmethode ist die Tatsache, dass die ermittelten Anfahrtkosten bei einer Nutzenbewertung lediglich ein Mindestmaß der Zahlungsbereitschaft darstellen, und somit keine Aussagen hinsichtlich des Gesamtnutzens von Investitionsprojekten getätigt werden können (Hanusch 2011, S77).

2.3.1.2 Hedonischer Preisansatz (Hedonic Price Method)

Die Methode der hedonischen Preise beruht auf der Grundidee, dass positive und negative Auswirkungen von öffentlichen Projekten, zwangsweise auch Wertänderungen von Besitzrechten von Privatpersonen nach sich ziehen. Solche Veränderungen lassen sich beispielsweise an den steigenden und fallenden Preisen für Immobilien ablesen. Die Entwicklung der Immobilienpreise folgt aber nicht nur dem Prinzip von Angebot und Nachfrage, sondern orientiert sich ebenso an den vor Ort vorzufindenden Umwelt- und Lebensbedingungen, also der Lärmbelästigung, der Luftqualität, der Nähe zu privaten und öffentlichen Einrichtungen, etc. (Hanusch 2011, S86f; Schneider 2001, S160).

„Das Ziel der Methode der hedonischen Preise ist es, die in den Immobilienpreisen implizit enthaltenen Preise für bestimmte Umweltqualitätsattribute und hierüber den ökonomischen Wert einzelner Umweltgüter bzw. die Wohlfahrtseffekte von Umweltveränderungen zu ermitteln“ (Schneider 2001, S160).

Da in der Praxis eine Vielzahl unterschiedlicher Faktoren auf die Preisentwicklung von Immobilien einwirken, ist es schwierig den jeweiligen positiven und negativen Effekten eines

Projektes Schätzwerte zuzuordnen. Darüber hinaus betreffen die Auswirkungen von Projektvorhaben nicht nur private, sondern auch öffentliche Einrichtungen, was dazu führt, dass bei einer ökonomischen Bewertung mithilfe des hedonischen Preisansatzes die Auswirkungen negativer externer Effekte häufig nicht in ihrer ganzen Tragweite erfasst werden (Hanusch 2011, S87).

HANUSCH nennt neben der Reisekostenmethode und der Methode der hedonischen Preise eine Vielzahl weiterer indirekter Bewertungsverfahren, welche in der Praxis zur Anwendung kommen, beispielsweise die Möglichkeit der *Bewertung öffentlicher Güter anhand vergleichbarer Leistungen*, die *Bewertung öffentlicher Güter über Kostenersparnisse*, die *Bewertung über Marktpreise für schadenskompensierende Güter* oder einer Bewertung mithilfe der *Alternativkostenmethode* (Hanusch 2011, S75-87).

2.3.2 Direkte Umweltbewertungsverfahren

Neben diesen Möglichkeiten der indirekten Wertbestimmung existieren auch direkte Bewertungsverfahren, welche sich vor allem dadurch auszeichnen, dass sie bei der Betrachtung der positiven und negativen Auswirkungen von Projekten deren (langfristige) Gesamtnutzen erfassen (Hanusch 2011, S88). Darüber hinaus quantifizieren sie den Wert von Umweltgütern *direkt* durch das Nachfrageverhalten von Menschen auf hypothetischen Märkten (Schneider 2001, S3).

2.3.2.1 Kontingente Evaluierungsmethode (Contingent Valuation Method)

Die Kontingente Evaluierungsmethode versucht anhand der Zahlungsbereitschaft von Einzelpersonen, den Wert von Veränderungen durch hypothetische Umweltvorhaben festzustellen. Dabei werden die notwendigen Daten mit Hilfe von Befragungen erhoben. Durch eine möglichst genaue Beschreibung der mit dem Projekt einhergehenden Verbesserung oder Verschlechterung einer Umweltqualität, wird die Zahlungsbereitschaft bzw. die Akzeptanzbereitschaft der befragten Individuen ermittelt. Der monetäre Wert, den die Befragten einer Verbesserung, respektive der Schaffung einer Umweltqualität beimessen, bzw. der Geldwert, den diese als faire Kompensation für eine Verschlechterung, oder gar den Wegfall einer Umweltqualität erachten, dient in weiterer Folge als Maßzahl für den potenziell entstandenen bzw. entgangenen Nutzen eines Projekts (Schneider 2001, S172ff).

Laut HANUSCH folgt die Kontingente Evaluierungsmethode dem nachfolgenden Schema (Hanusch 2011, S91f).

1. Phase der Vorbereitung:

Die Ausformung des hypothetischen Marktes entscheidet über die Qualität der Ergebnisse. Bereits in dieser Phase besteht die Gefahr von Verzerrungen, wenn den befragten Personen Informationen zum Projekt irrtümlicherweise vorenthalten werden.

2. Phase der Ausführung:

Die Befragung erfolgt entweder in Form von persönlich geführten strukturierten Interviews, durch telefonische Befragung oder durch die Zusendung von Fragebögen. Postalische Befragungen haben erfahrungsgemäß niedrige Rücksendequoten, bei persönlichen und

telefonischen Befragungen besteht wiederum das Risiko der Einflussnahme durch die interviewführende Person. Außerdem besteht bei jeder der eben genannten Befragungsmethoden die Gefahr eines „Strategic Bias“, also der Möglichkeit der Verzerrung der tatsächlichen Präferenzen aufgrund von strategischen Überlegungen der Befragten.

3. Phase der Auswertung:

In dieser Phase wird die durchschnittliche Wertschätzung berechnet. Basierend auf den Stichprobenergebnissen erfolgt eine Schätzung für die Gesamtbevölkerung.

4. Phase der abschließenden Beurteilung:

Abschließend erfolgt die Bewertung der Ergebnisse nach Gütekriterien, sowie eine Überprüfung der Wertschätzungen mittels einer statistischen Auswertung.

In ihrer Studie von 2017 mit dem Titel „*Contingent Valuation of Measures against Urban Heat: Limitations of a Frequently Used Method*“ untersuchten MORAWETZ und KOEMLE (2017) die Eignung der Kontingenten Evaluierungsmethode (Contingent Valuation Method) für die monetäre Bewertung unterschiedlicher städteplanerischer Maßnahmen zur Minderung der negativen Auswirkungen von urbanen Wärmeinseln (= Urban Heat Island-Effekt). Durch schriftlich-postalische Befragung einer repräsentativen Stichprobe der Bewohner*innen Wiens sollten Erkenntnisse darüber gewonnen werden, welcher ökonomische Wert den jeweiligen Maßnahmen zugesprochen wird und inwieweit diese Wertvorstellungen bei einem angenommenen Umsetzungsgrad variieren. Es wurde also direkt nach individuellen Präferenzen und der damit verbundenen Zahlungsbereitschaft für hypothetische Maßnahmen zur Steigerung der Lebensqualität gefragt. Das Projektteam formulierte hierfür zwei Maßnahmen: Die Erhöhung des Baumanteils in der Stadt durch das Pflanzen neuer Bäume und die Installation zusätzlicher Trinkbrunnen. Im Zuge der Befragung wurden drei Szenarien („Baum“, „Trinkbrunnen“, „Baum + Trinkbrunnen“) mit jeweils zwei Niveaustufen (+10 % und +50 % Bäume bzw. +50 % und +100 % Trinkbrunnen) angenommen. Neben der individuellen Zahlungsbereitschaft wurden auch soziodemographische Daten erhoben. Durch die statistische Auswertung der Fragebögen mit Hilfe von Regressionsanalysen konnte die durchschnittliche Zahlungsbereitschaft der befragten Personen und die Varianz ermittelt werden. Darüber hinaus wurde durch die Veränderung von statistischen Parametern die Sensitivität der Bewertung getestet. Basierend auf diesen Erhebungen kamen die Studienautor*innen zu folgenden Ergebnissen: 1. Die durchschnittliche Zahlungsbereitschaft der befragten Personen war im „Baum“-Szenario am höchsten, jedoch hat die Anzahl der zusätzlich gepflanzten Bäume keinen Einfluss auf die durchschnittliche Zahlungsbereitschaft. 2. Für die Errichtung neuer Trinkbrunnen wurde eine negative durchschnittliche Zahlungsbereitschaft festgestellt (Morawetz et al. 2017).

Laut MORAWETZ und KOEMLE (2017) eignet sich die Kontingente Evaluierungsmethode demzufolge nur bedingt für die monetäre Bewertung der Maßnahmen zur Minderung der negativen Auswirkungen des UHI-Effektes. Neben der Komplexität der Erfassung der vielfältigen Wechselbeziehungen, die mit einer konkreten Maßnahme verbunden sind, besteht außerdem das Problem der Findung einer repräsentativen Stichprobe. Da die Qualität der Daten ebenso vom erfragten Inhalt und der Formulierung der Fragebögen abhängt, sprechen sich die Verfasser*innen der Studie für die Anwendung von kombinierten Verfahren zur Datenerhebung aus (Contingent Valuation Method + Hedonic Price Method = direkte + indirekte Sammlung und Auswertung). Falls eine monetäre Gegenüberstellung der Kosten und Nutzen von einer bestimmten Maßnahme nicht zwingend notwendig ist und sich die Auswirkungen eines Vorhabens ebenso deskriptiv erfassen lassen, empfehlen sie, anstatt

Geldwerte im Zuge einer Kosten-Nutzen-Analyse zu schätzen, auf andere Wirtschaftlichkeitsanalyseverfahren, beispielsweise eine Kosten-Wirksamkeits-Analyse oder eine Nutzwertanalyse, auszuweichen (Morawetz et al. 2017).

2.4. Bewertung von Grünen Infrastrukturmaßnahmen

Bewertungsverfahren, welche explizit die Unterschiede zwischen den einzelnen Systemlösungen für Dach- und Fassadenbegrünungen (holistisch) betrachten, sind bis dato in der Fachliteratur nicht existent. Jedoch gibt es unterschiedliche Publikationen, die sich mit der Bewertung von Grünen Infrastrukturmaßnahmen und Bauwerksbegrünungen befassen, wobei generell der Fokus auf eine Beurteilung der Maßnahmen selbst gerichtet ist.

Im *Urban Heat Islands Strategieplan Wien* (Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22, 2015) wurden neben den Ursachen für die Entstehung städtischer Wärmeinseln auch planerische Handlungsfelder und konkrete Maßnahmen zur Eindämmung des Urban Heat Islands-Effekts definiert. Für die Bewertung dieser Maßnahmen wurden ökonomische, ökologische und soziale Wirkungsfelder (Mikroklima, Mesoklima, Biodiversität, Lebensqualität für Menschen, Errichtungs- und Erhaltungskosten) formuliert und die einzelnen Maßnahmen anhand eines fünfstufigen Bewertungsschlüssels (+3 bis -1) entsprechend ihrer positiven oder negativen Wirkungen beurteilt. Hinsichtlich der Bewertung von Bauwerksbegrünungen erfolgte eine Unterteilung in extensive und intensive Dachbegrünungen bzw. in bodengebundene und wandgebundene Fassadenbegrünungen. Zur Visualisierung und besseren Vergleichbarkeit wurden Spiderweb-Grafiken erstellt, aus denen die Verbesserungen/Verschlechterungen je nach Wirkungsfeld und die Kosten einer Maßnahme abgelesen werden konnten (Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22 2015, S6-63).

Im Zuge des Bewertungsprozesses zeigte sich gemäß der Autor*innen, dass extensive Dachbegrünungen in der Kategorie Wirtschaftlichkeit (Errichtung und Erhaltung) – im Vergleich zu intensiven Dachbegrünungen – bessere Ergebnisse erzielen konnten. Insbesondere die fortdauernden Erhaltungskosten wurden bei extensiven Begrünungen als signifikant geringer eingeschätzt. Gleichwohl wurden die Verbesserungen in den Wirkungsfeldern Mikroklima, Biodiversität und Lebensqualität als „geringfügiger“ erachtet als bei intensiven Dachbegrünungen. Bezüglich der Fassadenbegrünungen wurden bodengebundene (nicht bewässerte) Begrünungen in Hinblick auf den Errichtungs- und Erhaltungsaufwand als kostengünstiger eingeschätzt. Demgegenüber konnten fassadengebundene (bewässerte) Begrünungen in den Bereichen Mesoklima und Biodiversität besser abschneiden. Hinsichtlich der Wirkungsfelder Mikroklima und Lebensqualität wurde für beide Fassadenbegrünungsformen eine gleichwertige Verbesserung angenommen (Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22 2015, S62f).

In der Veröffentlichung *Portland's Green Infrastructure – Quantifying the Health, Energy, and Community Livability Benefits* (City of Portland Bureau of Environmental Services, 2010) behandelten die Verfasser*innen nicht nur die Vorzüge urbaner grüner Infrastruktur, sondern sie versuchten auch die Auswirkungen einzelner Maßnahmen auf die städtische Energiebilanz sowie auf die Gesundheit und die Lebensqualität der Bevölkerung abzuschätzen und Wirkungszusammenhänge aufzuzeigen. Dabei wurde die Installation von Biodiversitätsdächern („*ecoroofs*“) ausdrücklich als sinnvolle Maßnahme angesehen (City of

Portland Bureau of Environmental Services 2010, S7-15). In Hinblick auf die positiven Leistungen von *ecoroofs* kamen die Autor*innen zu den nachfolgenden Ergebnissen:

Gesundheit: In Abhängigkeit vom Pflanzentyp ist für die Stadt Portland eine potenzielle jährliche Feinstaubreduktion von 8,63 kg / ha (= 7,7 lbs / acre) Biodiversitätsdach möglich. Unter Berücksichtigung der Faktoren Zugänglichkeit und Sichtbarkeit können *ecoroofs* einen wichtigen Beitrag zur physischen und psychischen Gesundheit der Menschen leisten (City of Portland Bureau of Environmental Services 2010, S21-26).

Energieeinsparung: Durch die Vegetation wird Niederschlagswasser zurückgehalten und verdunstet. Insofern können Dachbegrünungen dazu beitragen, das Kanalsystem einer Stadt zu entlasten und Energie einzusparen. Darüber hinaus muss durch die einhergehende Beschattung und Dämmfunktion der Dachbegrünung weniger Energie für das Beheizen oder Kühlen von Gebäuden aufgewandt werden (City of Portland Bureau of Environmental Services 2010, S29-33).

Reduzierung von Treibhausgasen: Durch die Kohlenstoffbindung der *ecorooft*-Vegetation ist für die Stadt Portland eine potenzielle CO₂-Minderung von jährlich 175,45 t / ha (= 7,1 metric tonnes / acre) Biodiversitätsdach möglich (City of Portland Bureau of Environmental Services 2010, S36-40).

Lebensqualität: Biodiversitätsdächer besitzen das Potenzial, zu einer ästhetischen Aufwertung des Stadtbildes beizutragen und können den gesellschaftlichen Zusammenhalt stärken (City of Portland Bureau of Environmental Services 2010, S43-49).

Die Quantifizierung der (Folge-)Wirkungen, die mit der Errichtung einer bestimmten Maßnahme einhergehen, erfolgte auf der Basis von quantitativen und qualitativen Daten. Zum Beispiel wurden hinsichtlich des Potenzials zur Energieeinsparung eines Gebäudes mit Biodiversitätsdach die einzusparenden Kilowattstunden/Fläche gemessen und summiert, wohingegen die Nutzenaspekte der öffentlichen Gesundheit und der Lebensqualität nicht direkt gemessen werden konnten, sondern mittels Indikatoren abgeschätzt wurden. Die Ermittlung des Erholungswerts bzw. des ästhetischen Werts eines Biodiversitätsdachs erfolgte hier beispielsweise über die Entwicklung der Immobilienpreise der angrenzenden Grundstücke (City of Portland Bureau of Environmental Services 2010, 17ff).

Die Publikation *Green Values Strategy Guide – Linking Green Infrastructure Benefits to Community Priorities* (Center for Neighborhood Technology, 2020) befasste sich ebenfalls mit der Messung und Bewertung der positiven Leistungen von naturbasierten Maßnahmen in Städten. Diese, von den Autor*innen als „green stormwater infrastructure“ (GSI) bezeichnete Strategien, dienen vorwiegend dazu, die weitreichenden negativen Folgen von Starkregenereignissen abzuschwächen. Beispielsweise haben Überschwemmungen häufig nicht nur Vermögensschäden zur Folge, es können dadurch auch Verdrängungsprozesse gefördert werden, sowie negative Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit und die Wirtschaft auftreten. Durch die Förderung von GSI-Maßnahmen besteht einerseits die Möglichkeit die negativen Folgen von Starkregenereignissen abzumildern, andererseits können durch sie auch zusätzliche Nutzen für die Städte oder Gemeinden generiert werden (Center for Neighborhood Technology 2020, S4ff).

Neben Dachbegrünungen wurden auch weitere Maßnahmen genannt, die dem GSI-Konzept zugeschrieben wurden, beispielsweise die Errichtung von Puffer- bzw. Regenparks und

Regengärten zur Sammlung und gezielten Ableitung von Regenwasser, die Installation von bepflanzten Grünstreifen mit Drängräben entlang von Straßen („*bioswales*“), die Setzung von Straßenbäumen oder die Verwendung von versickerungsfähigen Bodenbelegen für Geh- und Radwege. Bei der methodischen Vorgehensweise zur Bewertung war der Fokus auf eindeutig quantifizierbare Folgewirkungen gerichtet, welche den Bereichen Gesundheit, Wirtschaft, Klimawandelanpassung (Adaption), Klimaschutz (Mitigation), Transport und Mobilität zugeordnet wurden. Die Bewertung erfolgte anhand eines dreistufigen Bewertungsschlüssels mittels Punktevergabe. Je nach Maßnahme und Folgewirkung wurde ein „geringer“, „mittlerer“ oder „hoher“ Zusatznutzen angenommen und in einer Matrixtabelle erfasst (Center for Neighborhood Technology 2020, S4-8).

3 Methodik

3.1 Methodische Grundlagen

Für die nachfolgenden Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit von Dach- und Fassadenbegrünungen wurden die notwendigen Daten mittels Literaturrecherche und mithilfe von leitfadengestützten Expert*innen-Interviews erhoben.

Interviews sind wichtige Instrumente empirischer Forschung und gelten als anerkannte Methode zur qualitativen Datensammlung. In der einschlägigen Literatur finden sich diverse Interviewformen, die, je nach Forschungsgegenstand bzw. nach der Erhebungs- und/oder Auswertungstechnik, von den Autor*innen unterschiedlich bezeichnet und klassifiziert werden (Helfferich 2011, S35ff). Expert*innen-Interviews sind Befragungen von Personen, die aufgrund ihres Status bzw. ihrer praktischen Erfahrungen in einem Feld über ein gewisses Spezialwissen verfügen (Gläser et al. 2009, S11ff).

„Interviews, in denen Informationen zu Fakten erhoben werden sollen – darunter insbesondere Interviews mit Experten und Expertinnen – [...] vertragen mehr Strukturierung, eine vereinfachte Transkription und eine schneller die Komplexität reduzierende Auswertung“ (Helfferich 2011, S162).

Für die Durchführung eines Expert*innen-Interviews wird somit vorab die Anfertigung eines Interviewleitfadens empfohlen, welcher als Gesprächsgrundlage dienen soll (Gläser et al. 2009, S111ff).

„Ein Interviewleitfaden enthält die Fragen, die in jedem Interview beantwortet werden müssen. Allerdings sind weder die Frageformulierungen noch die Reihenfolge der Fragen verbindlich. [...] Außerdem kann die vollständige Beantwortung einer Frage häufig nur dadurch erreicht werden, dass zu einer Antwort ad hoc Nachfragen gestellt werden. Solche Nachfragen können nicht in den Interviewleitfaden aufgenommen werden. Er ist deshalb eher eine Richtschnur, die die unbedingt zu stellenden Fragen enthält“ (Gläser et al. 2009, S42).

HELFFERICH (2011) erwähnt in diesem Zusammenhang das *problemzentrierte Interview* als wichtige Interviewform. Hierbei wird der Gesprächsverlauf von dem/der Interviewer*in mit Hilfe eines flexibel gestalteten Interviewleitfadens gelenkt, wobei diese Interviewform das problemorientierte Sinnverstehen fokussiert. Bei dem/der Interviewer*in soll durch die Befragung Verständnis für ein spezifisches Thema geschaffen werden. Diese müssen für die Interviewdurchführung ein fachspezifisches Hintergrundwissen besitzen, um mit den Befragten in Dialog treten zu können (Helfferich 2011, S35-46).

„Die Rollen sind sehr miteinander verschränkt und die Interviewenden bringen sich als Person mitsamt ihrem Wissen stärker ein. Sie leiten einen Prozess der Reflexion bei den Befragten, die ihre eigenen Äußerungen da, wo sie unklar sind, überdenken und korrigieren sollen“ (Helfferich 2011, S43).

Die Dokumentation von Interviews erfolgt für gewöhnlich mittels Audioaufzeichnungen und durch Transkription (Verschriftlichung) der aufgenommenen Texte (Vogel et al. 2018, S2ff).

Für die anschließende Auswertung der Interviewdaten finden sich in der Fachliteratur unterschiedliche Auswertungsmethoden (Gläser et al. 2009, S43ff).

VOGEL und FUNCK (2018) verweisen auf die Möglichkeit, während des Interviews Notizen zur Dokumentation des Gesagten anzufertigen und Interviewprotokolle zu verfassen. Einerseits besteht die Möglichkeit während des Interviews Simultanprotokolle zu erstellen, welche die Kernaussagen dokumentieren und als Backup dienen, andererseits können nach Beendigung des Interviews Gedächtnisprotokolle angefertigt werden. In Abhängigkeit von der Fragestellung und dem Forschungsgegenstand können, vor allem hinsichtlich der damit verbundenen Kosten- und Zeitersparnis, Protokolle als ein effizientes Mittel zur Dokumentation und Wissensaufbereitung erachtet werden, insbesondere wenn der Fokus des Interviews nicht auf eine Interpretation des Gesagten, sondern auf eine Verständnisgenerierung gerichtet ist (Vogel et al. 2018, S4ff).

3.2 Überblick des methodischen Ablaufs

Für die nachfolgenden Untersuchungen wurde entsprechend der Fragestellungen dieser Arbeit eine Methode entwickelt, welche sich an den einzelnen Arbeitsschritten der Nutzwertanalyse orientiert. Die Verwendung dieses adaptierten Verfahrens ermöglicht es, generelle Aussagen bezüglich der Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Begrünungstechniken zu tätigen und eignet sich darüber hinaus für die praktische Anwendung auf Objektebene.

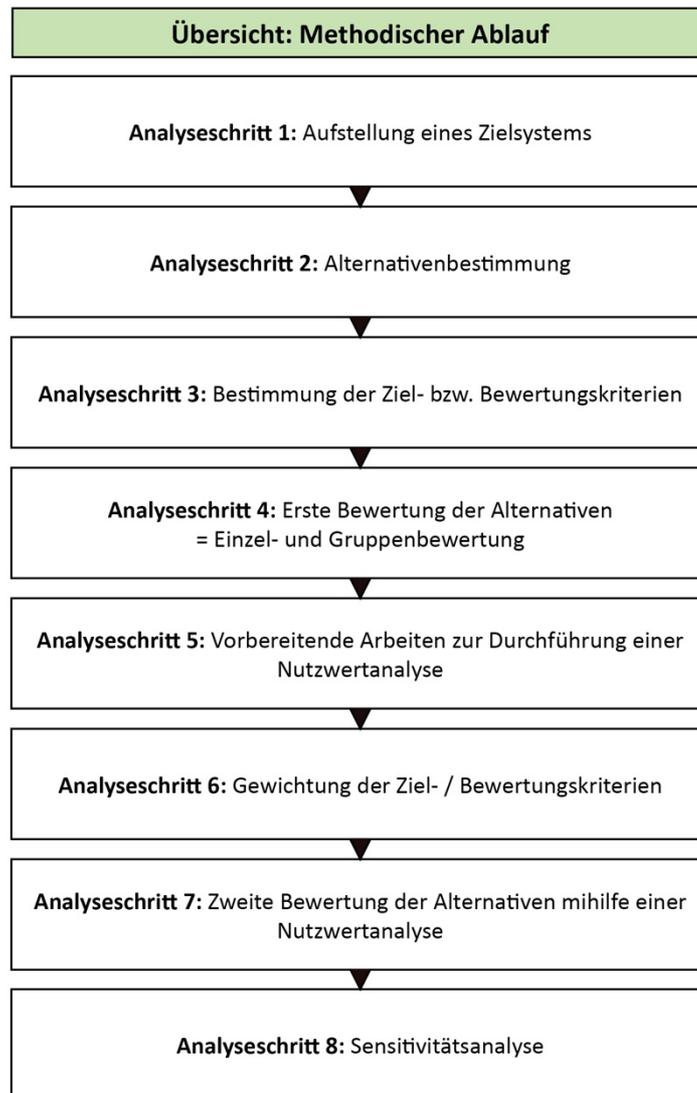


Abbildung 5: Methodische Vorgangsweise (Eigene Erstellung)

Nachfolgend werden die einzelnen Verfahrensschritte dokumentiert und die Anwendbarkeit dieser Methode veranschaulicht.

3.2.1 Analyseschritt 1: Aufstellung eines Zielsystems

Zunächst wurde für die Durchführung der Analyse ein Zielsystem formuliert. In Hinblick auf die Bewertung der unterschiedlichen Systemlösungen zur Bauwerksbegrünung wurden drei Oberziele festgelegt.

Oberziel 1 Funktionalität:

Bei der Installation und dem fortlaufenden Betrieb der jeweiligen Systemlösungen müssen – je nach Ausformung des Daches bzw. der Fassade – bautechnische, statische und vegetationstechnische Aspekte berücksichtigt werden. (= TECHNISCHE KOMponenten: GEBÄUDE)

Oberziel 2 Kosteneffizienz:

In korrekter Ausführung sollen Bauwerksbegrünungen dazu beitragen die gebäudebezogenen Kosten zu minimieren. (= ÖKONOMISCHE KOMPONENTEN: GEBÄUDE)

Oberziel 3 Verbesserung der Lebensqualität:

Die Auswahl der gesamtgesellschaftlichen Ziele orientierte sich an den Zielvorstellungen der überörtlichen und örtlichen Raumordnungsprogramme, sowie an den von der UN formulierten *Zielen für eine nachhaltige Entwicklung* (United Nations, 2015). Ein überörtliches Planungsinstrument wäre beispielsweise das *Österreichische Raumentwicklungskonzept* (Geschäftsstelle der Österreichischen Raumordnungskonferenz, 2011) oder die *Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel* (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2017). Auf kommunaler Ebene ist es möglich die planerischen Ziele und Maßnahmen der Gemeinden aus den örtlichen Entwicklungskonzepten bzw. den Stadtentwicklungsplänen zu ermitteln. Die Auswahl der Ziele erfolgte nach dem Grundsatz der Zweckrationalität (siehe KUNZE et al. 1974) und sollte die allgemeinen gesellschaftspolitischen Ziel- und Wunschvorstellungen der Städte und Kommunen widerspiegeln. (= ÖKOLOGISCHE + SOZIALE KOMPONENTEN: UMFELD)

Tabelle 3: Formulierung des Zielsystems bzw. Aufstellung eines Zielszenarios und die für die nachfolgende Bewertung abgeleiteten gesamtgesellschaftlichen Zielsetzungen (Eigene Erstellung)

Planungsinstrument	Ziele / Handlungsfelder	Bezug zu Oberziel 3 „Verbesserung der Lebensqualität“
Sustainable Development Goals (SDGs)	Förderung der Gesundheit und des Wohlergehens der Menschen (United Nations 2015, S14) Zugang zu leistbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie gewährleisten (United Nations 2015, S14) Gestaltung inklusiver, sicherer, resilienter und nachhaltiger Städte und Siedlungen (United Nations 2015, S14)	Mikroklimatische Ziele Menschliches Wohlbefinden Mehrfachnutzung der Dachfläche Mikroklimatische Ziele Stadtökologische Ziele Regenwassermanagement
Österreichisches Raumentwicklungskonzept (ÖREK)	Förderung einer nachhaltigen, ressourceneffizienten Siedlungs- und Freiraumentwicklung (ÖROK 2011, S60ff)	Mikroklimatische Ziele Stadtökologische Ziele Regenwassermanagement Mehrfachnutzung der Dachfläche
Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel	Forcierung regionaler erneuerbarer Ressourcen zur Energiegewinnung (BMNT 2017, S126) Stärkung und Sicherung der Lebensbedingungen incl. Minderung des Wärmeinseleffekts durch die Stadt- und Freiraumplanung (BMNT 2017, S127)	Mehrfachnutzung der Dachfläche Mikroklimatische Ziele Menschliches Wohlbefinden

	<p>Vermeidung von lokalen Überflutungen durch bauliche Maßnahmen im Umfeld von Gebäuden (BMNT 2017, S127)</p> <p>Minderung von Hitzestress und Vermeidung zusätzlicher, klimawandelbedingter negativer gesundheitlicher Auswirkungen auf die Bevölkerung in besonders hitzegefährdeten Gebieten (BMNT 2017, S130)</p> <p>Schaffung, Erhaltung, Verbesserung und Vernetzung von Lebens- und Rückzugsräumen für diverse Tier- und Pflanzenarten (BMNT 2017, S132)</p>	<p>Regenwassermanagement</p> <p>Mikroklimatische Ziele Menschliches Wohlbefinde</p> <p>Stadtökologische Ziele</p>
Fachkonzept Grün- und Freiraum (STEP 2025)	Erhaltung, Entwicklung und Vernetzung hochwertiger Grün- und Freiflächen zur Sicherung der damit einhergehenden stadtökologischen und naturräumlichen Funktionen durch Nutzung von Mikrofreiräumen und durch Dach- und Fassadenbegrünungen (MA 18 2015, S12ff)	Stadtökologische Ziele Mikroklimatische Ziele Menschliches Wohlbefinden
Fachkonzept Öffentlicher Raum (STEP 2025)	<p>Steigerung der Aufenthaltsqualität des öffentlichen Raums und des Wohnumfelds (MA 18 2018, S20)</p> <p>Förderung von gebäudebezogenen Freiflächen zur Entlastung des öffentlichen Raums in dicht bebauten Gebieten (MA 18 2018, S37)</p>	<p>Mikroklimatische Ziele Menschliches Wohlbefinden</p> <p>Mehrfachnutzung der Dachfläche</p>

Nach der Sammlung potenzieller Ziele erfolgte die Erstellung einer Zielhierarchie in Hinblick auf die Frage: Können die unterschiedlichen Systeme für Dach- und Fassadenbegrünungen einen Beitrag zur Erreichung dieser drei Oberziele leisten?

3.2.2 Analyseschritt 2: Alternativenbestimmung

Anschließend wurden die für die Umsetzung von Dach- und Fassadenbegrünungen etablierten technischen Lösungsmöglichkeiten zur Bauwerksbegrünung recherchiert und diese zu Systemgruppen zusammengefasst. Deren Kategorisierung erfolgte primär nach amtlichen Quellen und Regelwerken. Für die Dokumentation dieses und der weiteren Arbeitsschritte wurden in MS-Excel Matrixtabellen angelegt.

3.2.3 Analyseschritt 3: Bestimmung der Ziel- / Bewertungskriterien

Im nächsten Analyseschritt wurden die potenziellen Ziel- bzw. Bewertungskriterien ermittelt, nach denen im weiteren Verlauf eine Bewertung der Alternativen erfolgen sollte. Hierbei

wurden insbesondere solche Kriterien ausgewählt, welche eine Unterscheidung in der Wirkungsweise der Begrünungstypen ermöglichen und für welche sich in der einschlägigen Literatur Kennwerte und/oder deskriptive Erläuterungen finden ließen.

3.2.4 Analyseschritt 4: Erste Bewertung der Alternativen (Einzelbewertung und Gruppenbewertung auf Basis von Expert*innen-Interviews)

Für die Bewertung der unterschiedlichen Maßnahmen zur Bauwerksbegrünung wurden die zuvor ermittelten Systemgruppen (= Alternativen = Begrünungstypen = Begrünungsarten) mit den Bewertungskriterien zusammengeführt. Der eigentliche Bewertungsvorgang erfolgte in mehreren aufeinander aufbauenden Stufen:

Stufe 1: Zunächst wurde basierend auf den Erkenntnissen aus der Fachliteratur eine Einzelbewertung der Systemgruppen durchgeführt. Diese Teilbewertung erfolgte in Form von graphischen und deskriptiven Matrixtabellen, welche in weiterer Folge als Interviewleitfaden verwendet wurden.

Nachfolgende Tabelle (Tab. 4) zeigt die zentralen Literaturwerke, auf deren Grundlage eine Einzelbewertung der potenziellen Begrünungsmaßnahmen erfolgte.

Tabelle 4: Die der Einzelbewertung zugrundeliegenden zentralen Literaturwerke (Eigene Erstellung)

Literatur	Autor*in / Herausgeber*in
ÖNORM – L1131:2010 „Gartengestaltung und Landschaftsbau – Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken“; Ausgabe: 2010-03-01	Austrian Standards Institute (2010)
Neuaufgabe: Leitfaden Dachbegrünung (unveröffentlicht)	Stadt Wien (Stand: 2017)
Erste Auflage: „Logisch gedacht ist ökologisch bedacht“. Ein Leitfaden für die Dachbegrünung	„die umweltberatung“ Wien (2009)
Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen	Pfoser, N. et al. (2013)
Neuaufgabe: Leitfaden Fassadenbegrünung (unveröffentlicht)	MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung, ÖkoKaufWien (Stand: 2016)
Fassade und Pflanze – Potenziale einer neuen Fassadengestaltung (Dissertation)	Pfoser N. (2016), TU Darmstadt

Stufe 2: Darauf aufbauend wurden leitfadengestützte Expert*innen-Interviews durchgeführt, welche dazu dienten, Argumente aus der Literatur zu bekräftigen und/oder etwaige Diskrepanzen aufzuzeigen. Diese Interviews fanden an vier Terminen im Sommer 2018 statt (siehe Tab. 5), wobei die nachfolgenden Expert*innen befragt wurden:

Dipl.-Ing.ⁱⁿ Vera Enzi

Vorstandsmitglied des Österreichischen Verbands für Bauwerksbegrünung (VfB)

Vize-Präsidentin European Federation of Green Roof & Living Wall Associations (EFB)

Geschäftsführerin der GRÜNSTATTTGRAU Forschungs- und Innovations GmbH

Priv.-Doz.ⁱⁿ Dipl.-Ing.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ Ulrike Pitha
*Stellvertretende Leiterin des Instituts für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (IBLB) –
Universität für Bodenkultur Wien*

Dipl.-Ing. Jürgen Preiss
*Wiener Umweltschutzabteilung MA 22, Koordinator des Urban Heat Island Strategieplans der
Stadt Wien*

Tabelle 5: Interviewtermine (Eigene Erstellung)

Datum	Uhrzeit	Ort	Interviewpartner*innen
13. Juli 2018	12:00 – 13:30	VfB / Favoritenstraße 50	V. Enzi, U. Pitha
20. Juli 2018	12:00 – 14:30	VfB / Favoritenstraße 50	V. Enzi, U. Pitha
27. Juli 2018	13:00 – 16:00	VfB / Favoritenstraße 50	V. Enzi, U. Pitha
1. August 2018	12:00 – 13:30	IBLB / BOKU Wien	J. Preiss

Durch diese Interviews konnte die zuvor durchgeführte Einzelbewertung einem Expert*innen-Rating, also einer nochmaligen Gruppenbewertung, unterzogen werden. Diese Vorgangsweise sollte dazu beitragen, weitere Einflussfaktoren für die Bewertung zu eruieren und richtig zu bewerten, aber auch nicht relevante Kriterien zu erkennen und diese wieder zu verwerfen.

Als Interviewleitfaden für diese Expert*innen-Interviews diente eine im Zuge der Einzelbewertung erarbeitete Mastertabelle. Die Dokumentation erfolgte durch Anmerkungen, welche im Zuge der Interviews zu den jeweiligen Bewertungskriterien als Ergänzung notiert wurden. Diese flossen in die in Kapitel 4 (Analyseschritt 4) durchgeführte erste Bewertung der Begrünungssysteme mit ein.

Für die Bewertung der unterschiedlichen Kriterien war es wichtig, vorweg eine Maxime zu definieren, um abklären zu können, welchen Grundsätzen die Bewertung folgen sollte. Diese lautete:

Unabhängig von den Rahmenbedingungen und äußeren Faktoren wird durch die Installation eines Begrünungssystems immer von einer objektbezogenen (= GEBÄUDE) und/oder gesamtgesellschaftlichen (= UMFELD) Verbesserung ausgegangen.

Die Ergebnisse dieser Gruppenbewertung dienten in weiterer Folge als Datenrundlage für die anschließende Nutzwertanalyse. Die in diesem Analyseschritt durchgeführten Bewertungen basierten auf einer möglichst neutralen Betrachtung und stützten sich auf die Annahme, dass sämtliche Bewertungskriterien bezüglich ihres Beitrags zur Zielerfüllung als gleichwertig erachtet werden können.

3.2.5 Analyseschritt 5: Vorbereitende Arbeiten zur Durchführung einer Nutzwertanalyse

Um in den nachfolgenden Arbeitsschritten eine Nutzwertanalyse durchführen zu können, war es notwendig die zuvor vollzogene Bewertung der Alternativen in Zahlenwerten zu erfassen. Hierfür wurde der im vorangehenden Analyseschritt genutzte 5-farbige Bewertungsschlüssel transferiert und die Erfüllungsgrade (1, 2, 3, 4, 5) festgelegt. Um auch die bei einigen Ziel- bzw. Bewertungskriterien angenommenen systemspezifischen Faktoren (siehe Tab. 10) in der

quantitativen Bewertung berücksichtigen zu können, wurden Grund- und Extrapunkte vergeben. Die Vergabe einer maximalen Punktzahl für ein Kriterium erfolgte unter der Annahme von „optimalen“ Rahmenbedingungen, denen die Dach- oder Fassadenbegrünungssysteme ausgesetzt sind.

Durch diese Vorgehensweise war es möglich, in den nachfolgenden Analyseschritten die Zielerträge – also den jeweiligen Beitrag eines Kriteriums zur Zielerfüllung – zu erheben und darauf basierend die dazugehörigen Ziel- und Teilnutzwerte zu ermitteln (Voegele et al. 2012, S309ff).

3.2.6 Analyseschritt 6: Gewichtung der Ziel- / Bewertungskriterien

Im Zuge der Zielgewichtung wurde festgelegt welche Bedeutung jedes einzelne Bewertungskriterium in Hinblick auf den Gesamtnutzen und somit auf die Erreichung der vordefinierten Ziele besitzt. Die Zuordnung der Gewichts- und Teilgewichtsfaktoren der einzelnen Kriterien erfolgte mithilfe der 100-Punkte-Methode.

3.2.7 Analyseschritt 7: Zweite Bewertung der Alternativen mittels Nutzwertanalyse

Für die Ermittlung der Nutzwerte der jeweiligen Alternativen und die Aufstellung einer Rangordnung wurden in diesem Analyseschritt für sämtliche Begrünungstypen Nutzwertanalysen durchgeführt.

3.2.8 Analyseschritt 8: Sensitivitätsanalyse

Die Überprüfung der Ergebnisse der Nutzwertanalyse erfolgte in Form einer Beispielanalyse anhand verschiedener Szenarien. Diese Vorgehensweise sollte die Praxistauglichkeit dieses Verfahrens veranschaulichen. Neben der Berücksichtigung der realen baulich-räumlichen Gegebenheiten und der vordefinierten Begrünungsziele, konnten somit auch unterschiedliche Stakeholder-Perspektiven bei der Gewichtung der Ziele und der Bewertungskriterien in die Analyse miteinfließen.

3.3 Abgrenzung zur Nutzwertanalyse und Gemeinsamkeiten

Aufgrund der großen Anzahl verschiedener Herstellerfirmen findet man am Bauwerksbegrünungsmarkt auch eine dementsprechend weite Produktpalette an diversen Systemlösungen. Je nach Ausführungsform unterscheiden sich die Technologielösungen zur Begrünung von Dächern und Fassaden nicht nur in ihren technischen Spezifikationen, sondern auch hinsichtlich ihrer Anschaffungs- und Betriebskosten. Angesichts des breiten Preisspektrums wäre die repräsentative Erfassung der Kosten überaus komplex und zeitaufwändig. Aus diesem Grund wurden in dieser Analyse die Kosten konstant mit Null angenommen. Der Fokus war primär auf die Erhebung der Output-Wirkungen, also den Nutzen von Bauwerksbegrünungen, gerichtet. Für die Erfassung der Gesamtwirksamkeit eines bestimmten Begrünungstyps, bei gleichzeitiger Vernachlässigung der Kostenfaktoren, eignete

sich folglich eine Nutzwertanalyse. Diese kann hinsichtlich des Themas Gebäudebegrünungen als problemzentrierte, zeitsparende und effektive Form der Analyse erachtet werden. Aufgrund der Fragestellung dieser Arbeit mussten die einzelnen Verfahrensschritte der Nutzwertanalyse jedoch adaptiert und das Verfahren wie in Abbildung 6 ersichtlich, angepasst werden.

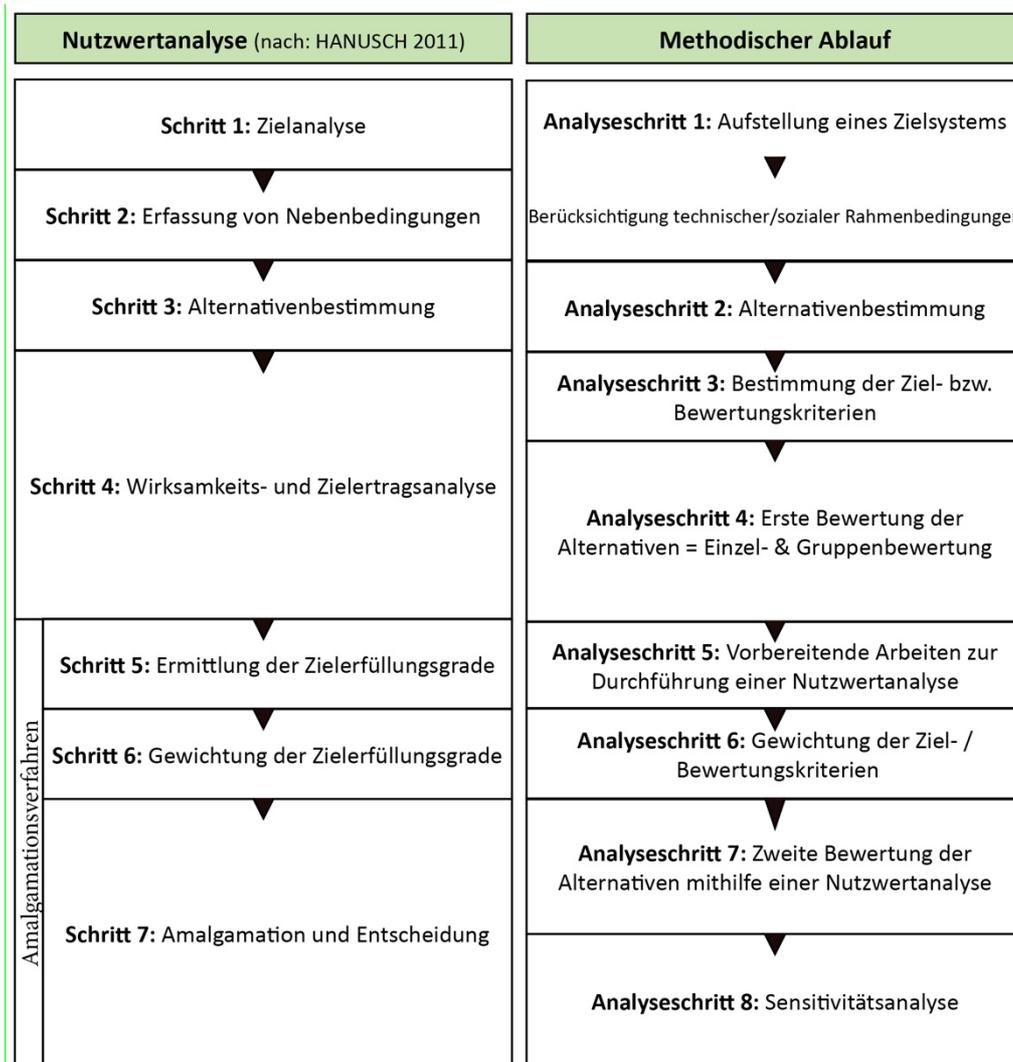


Abbildung 6: Vergleich Nutzwertanalyse und eigene methodische Vorgangsweise (Eigene Erstellung)

Die Zielgewichtung kann bei einer konventionellen Nutzwertanalyse bereits vor der Quantifizierung der positiven und negativen Wirkungen erfolgen (Voegele et al. 2012, S314ff). Bei der hier angewandten methodischen Vorgehensweise wurde dieser Arbeitsschritt bewusst nach der ersten Bewertung der Alternativen gereiht. Durch diese „neutrale“ Betrachtung sollte die Transferierbarkeit dieser Methode veranschaulicht werden. In Analyseschritt 8 sollte schließlich im Zuge der Sensitivitätsanalyse verdeutlicht werden, wie sich durch Abänderung der Gewichtung analog zu verschiedenen Stakeholder-Positionen, die Analyseergebnisse verändern.

4 Analyse – Teil 1: Grundlagen für die Bewertung von Bauwerksbegrünungsmaßnahmen

4.1 Analyseschritt 1: Zielsystem Bauwerksbegrünung

Zielesammlung Dach- und Fassadenbegrünung

Die Aufstellung eines Zielsystems erfolgte in Hinblick auf die Erreichung von drei vordefinierten Oberzielen.

Oberziel 1: **Funktionalität** der Systemlösungen in Abhängigkeit von den baulichen Gegebenheiten

Oberziel 1 umfasste die technischen Zielsetzungen der diversen Systemlösungen in Relation zu den konstruktiven und bautechnischen Vorbedingungen des Gebäudes und der statischen Ansprüche der Begrünungssysteme. Darüber hinaus wurden an dieser Stelle die potenziellen Vegetationsformen der unterschiedlichen Systemlösungen für Dach- und Fassadenbegrünungen erfasst.

Oberziel 2: **Kosteneffizienz** der Systemlösungen

Die ökonomischen Zielsetzungen, welche mit der Realisierung einer Dach- bzw. Fassadenbegrünung einhergehen könnten, wurden in Oberziel 2 zusammengefasst. Hierbei sollten die folgenden Fragestellungen berücksichtigt werden:

Welche Aufwände sind mit der Installation einer Dach- und/oder Fassadenbegrünung verbunden? Mit welchen Folgekosten ist zu rechnen? Welche Potenziale besitzen die unterschiedlichen Begrünungstechniken um die gebäudebezogenen Kosten zu minimieren?

Funktionalität und *Kosteneffizienz* wurden im Zuge dieser Arbeit als direkte Stakeholder-Ziele erachtet und behandeln die unmittelbaren Wirkungen einer Bauwerksbegrünung auf das Gebäude.

Oberziel 3: **Verbesserung der Lebensqualität**

Der gesamtgesellschaftliche Nutzen von Dach- und Fassadenbegrünungen sollte bei einer Bewertung der Systemlösungen nicht vernachlässigt werden. Oberziel 3 (*Verbesserung der Lebensqualität*) fokussiert die Auswirkungen einer Bauwerksbegrünung auf das Umfeld und behandelt soziale und ökologische Zielsetzungen. Für die nachfolgende Formulierung von Subzielen wurden die Zielvorgaben aus amtlichen Quellen abgeleitet (siehe Tab. 3).

Nachfolgende Grafiken (Abbildung 7 und Abbildung 8) zeigen die angenommenen Zielszenarien und -hierarchien für die Bewertung von Dach- und Fassadenbegrünungssystemen. Für die Oberziele wurden Zielsetzungen formuliert und diese wiederum nach Subzielen gegliedert. Auf dieser Ebene erfolgte im Detail die Erarbeitung potenzieller Ziel- bzw. Bewertungskriterien. Wie durch die Grafiken ersichtlich, sind die

einzelnen Ziele auf unterschiedlichen Wirkungsebenen positioniert. „Funktionalität“ und „Kosteneffizienz“ behandeln die objektbezogenen Wirkungen einer Bauwerksbegrünung auf das GEBÄUDE. Die Ebene „Verbesserung der Lebensqualität“ fokussiert gesamtgesellschaftliche Wirkungen auf das UMFELD.

4.1.1 Zielszenarien und -hierarchie für Dachbegrünungen

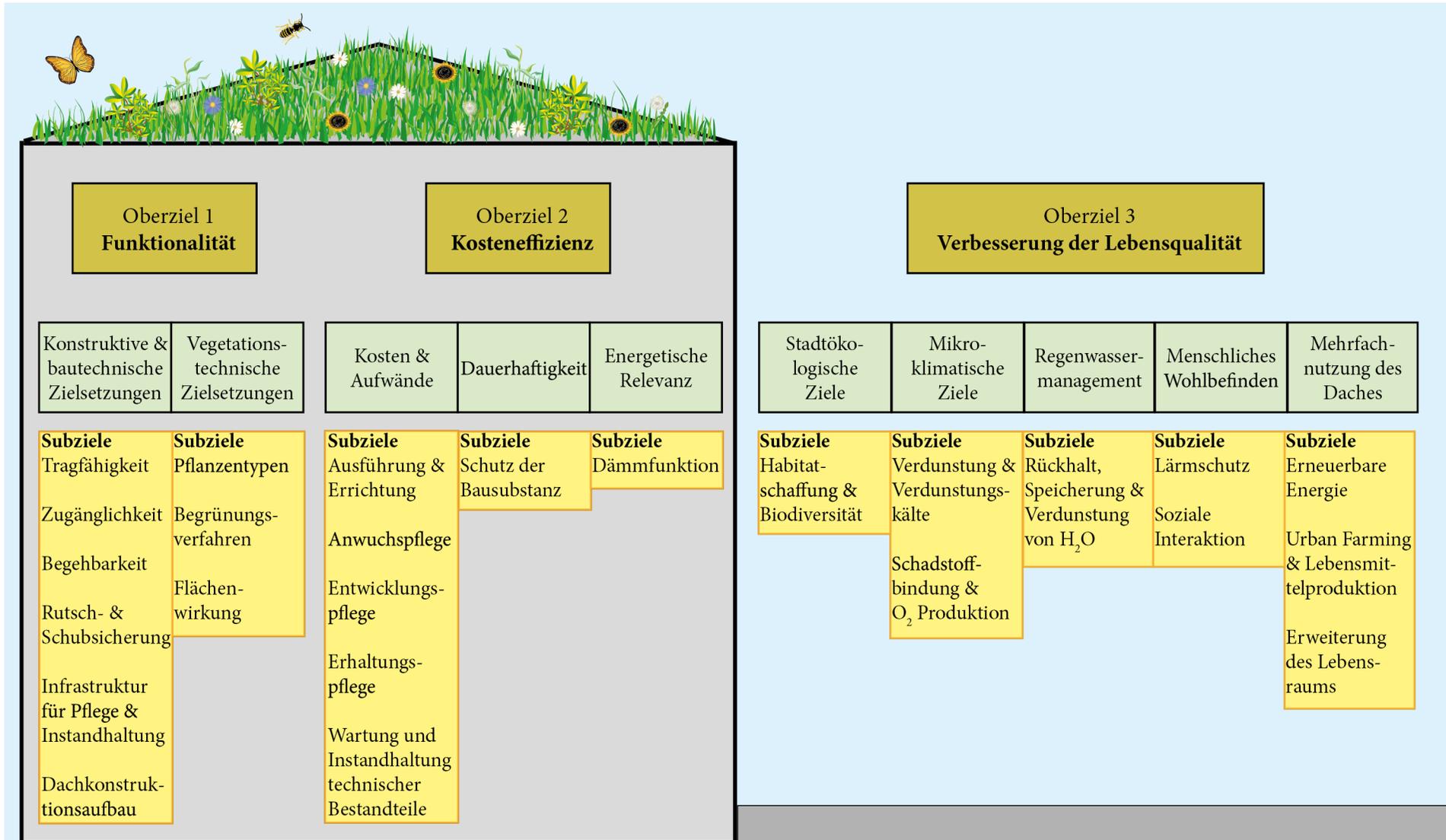


Abbildung 7: Gebäude- und umfeldbezogene Zielszenarien von Dachbegrünungssystemen (Eigene Erstellung)

Überblick: Subzielszenarien für Dachbegrünung

Tabelle 6: Subzielszenarien für die Bewertung der Systemgruppen zur Dachbegrünung (Eigene Erstellung)

Oberziel	Zielsetzung	Subziel	Code
Funktionalität	Konstruktive und bautechnische Zielsetzungen	Tragfähigkeit	D1.1.1.
		Zugänglichkeit	D1.1.2.
		Begehbarkeit	D1.1.3.
		Rutsch- und Schubsicherung	D1.1.4.
		Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	D1.1.5.
		Dachkonstruktionsaufbau	D1.1.6.
	Vegetationstechnische Zielsetzungen	Pflanzentypen	D1.2.1.
		Begrünungsverfahren	D1.2.2.
		Flächenwirkung	D1.2.3.
Kosteneffizienz	Kosten und Aufwände	Ausführung / Errichtung	D2.1.1.
		Anwuchspflege	D2.1.2.
		Entwicklungspflege	D2.1.3.
		Erhaltungspflege	D2.1.4.
		Wartung und Instandhaltung technischer Bestandteile	D2.1.5.
	Dauerhaftigkeit	Schutz der Bausubstanz	D2.2.1.
	Energetische Relevanz	Dämmfunktion	D2.3.1.
Verbesserung der Lebensqualität	Fauna und Flora (Stadtökologische Ziele)	Habitatschaffung und Biodiversität	D3.1.1.
	Mikroklima	Verdunstung und Verdunstungskälte	D3.2.1.
		Schadstoffbindung und O ₂ Produktion	D3.2.2.
	Regenwassermanagement	Rückhalt / Speicherung / Verdunstung von H ₂ O	D3.3.1.
	Menschliches Wohlbefinden	Lärmschutz	D3.4.1.
		Soziale Interaktionen	D3.4.2.
	Mehrfachnutzung der Dachflächen	Erneuerbare Energie	D3.5.1.
		Urban Farming und Lebensmittelproduktion	D3.5.2.
		Erweiterung des Lebensraums	D3.5.3.

4.1.2 Zielszenarien und -hierarchie für Fassadenbegrünungen

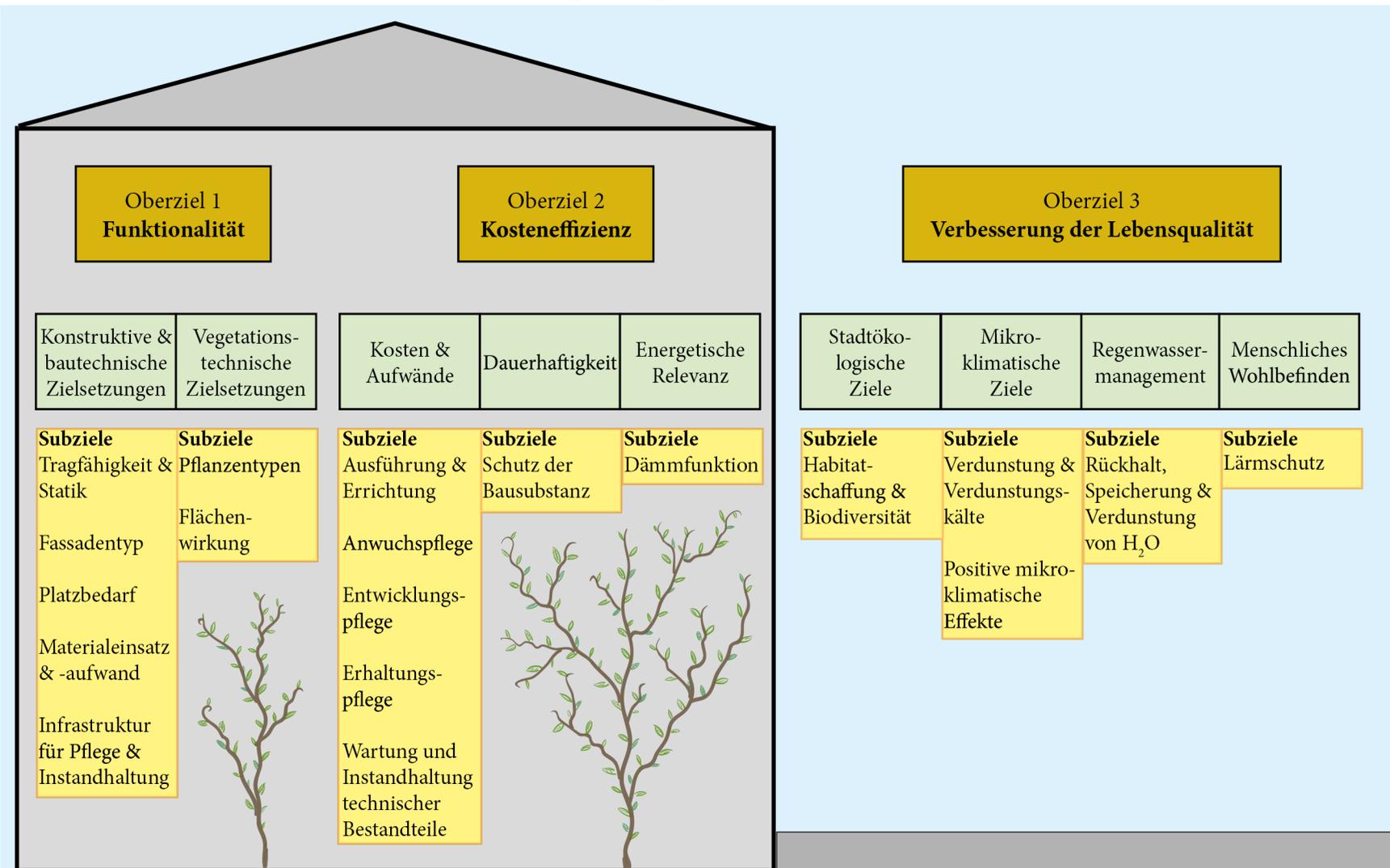


Abbildung 8: Gebäude- und umfeldbezogene Zielszenarien von Fassadenbegrünungssystemen (Eigene Erstellung)

Überblick: Subzielszenarien Fassadenbegrünung

Tabelle 7: Subzielszenarien für die Bewertung der Systemgruppen zur Fassadenbegrünung (Eigene Erstellung)

Oberziel	Zielsetzung	Subziel	Code
Funktionalität	Konstruktive und bautechnische Zielsetzungen	Tragfähigkeit und Statik	F1.1.1.
		Fassadentyp	F1.1.2.
		Platzbedarf	F1.1.3.
		Materialeinsatz und Materialaufwand	F1.1.4.
		Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	F1.1.5.
	Vegetationstechnische Zielsetzungen	Pflanzentypen	F1.2.1.
		Flächenwirkung	F1.2.2.
Kosteneffizienz	Kosten und Aufwände	Ausführung / Errichtung	F2.1.1.
		Anwuchspflege	F2.2.1.
		Entwicklungspflege	F2.2.2.
		Erhaltungspflege	F2.2.3.
		Wartung und Instandhaltung technischer Bestandteile	F2.2.4.
	Dauerhaftigkeit	Schutz der Bausubstanz	F2.3.1.
	Energetische Relevanz	Dämmfunktion	F2.4.1.
Verbesserung der Lebensqualität	Flora und Fauna (Stadtökologische Ziele)	Habitatschaffung und Biodiversität	F3.1.1.
	Mikroklima	Verdunstung und Verdunstungskälte	F3.2.1.
		Positive mikroklimatische Effekte	F3.2.2.
	Regenwassermanagement	Rückhalt / Speicherung / Verdunstung von H ₂ O	F3.3.1.
	Menschliches Wohlbefinden	Lärmschutz	F3.4.1.

4.2 Analyseschritt 2: Alternativenbestimmung

4.2.1 Begrünungstypen Dach

Für die Kategorisierung der unterschiedlichen Möglichkeiten zur Dachbegrünung wurde die in ÖNORM L1131:2010 „*Gartengestaltung und Landschaftsbau – Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken*“ verwendete Einteilung der Begrünungsarten übernommen. Demzufolge konnten folgende Alternativen = Systemgruppen ermittelt werden:

Alternative_D1: **Intensivbegrünung**

Intensivbegrünungen sind für eine alltägliche Nutzung ausgelegt und können hinsichtlich ihrer Bepflanzungs- und Gestaltungsmöglichkeiten mit bodengebundenen Grünflächen verglichen werden (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S7). Im Gegensatz zu anderen Dachbegrünungsarten benötigen sie einen dickeren Schichtaufbau (15 – 100 cm) und sind grundsätzlich mehrschichtig, d. h. mit getrennten Vegetations-, Filter- und Dränschichten, aufgebaut. Eine fortdauernde Pflege und Wasserzufuhr sind für ihre Erhaltung zwingend erforderlich (Verband für Bauwerksbegrünung 2016, S7).

Alternative_D2: **Reduzierte Intensivbegrünung**

Reduzierte Intensivbegrünungen sind ebenfalls für eine regelmäßige Begehung geeignet, wobei die Möglichkeiten zur Nutzung und Gestaltung vergleichsweise limitiert sind. Die Begrünung kann mittels Gräsern, Stauden und kleinen Gehölzen erfolgen. Die eingesetzte Vegetation stellt niedrigere Ansprüche an den Schichtaufbau, sie ist jedoch ebenfalls auf eine künstliche Wasser- und Düngerezufuhr angewiesen und bedarf einer regelmäßigen Pflege (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S7).

Alternative_D3: **Extensivbegrünung**

Extensivbegrünungen sind ausschließlich für Wartungsarbeiten und allfällige Pflegegänge begehbar. Diese Dachbegrünungsformen haben einen vergleichsweise dünnen Schichtaufbau (8 – 15 cm) und weisen ein relativ geringes Eigengewicht auf (Verband für Bauwerksbegrünung 2016, S6). Die Begrünung selbst besteht zumeist aus standortangepassten Moosen, Sukkulenten, Gräsern oder Kräutern, die für ihre Erhaltung nicht künstlich bewässert oder gedüngt werden müssen (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S7).

Alternative_D4: **Reduzierte Extensivbegrünung**

Reduzierten Extensivbegrünungen sind mit geringen Schichtdicken (ab 8 cm) ausführbar und kommen meist bei Industriebauten zur Anwendung. Die Pflege beschränkt sich auf ein Minimum. In der Regel bestehen sie aus Sedum-Moos-Gesellschaften, die auf keine künstliche Bewässerung und Düngung angewiesen sind (Verband für Bauwerksbegrünung 2016, S6).

4.2.2 Begrünungstypen Fassade

Die Kategorisierung der unterschiedlichen Maßnahmen zur Fassadenbegrünung orientierte sich an der Gliederung der Publikation *Leitfaden Fassadenbegrünung* (2019) der Wiener Umweltschutzabteilung MA 22, sowie an dem Forschungsbericht *Gebäude Begrünung Energie – Potenziale und Wechselwirkungen* (2013) der TU Darmstadt und der TU Braunschweig. Die Einteilung der vertikalen Begrünungstechniken in dem von PFOSER et al. (2013) veröffentlichten interdisziplinären Leitfaden findet sich ebenso in der Fassadenbegrünungsrichtlinie der deutschen FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU e. V. (2018) wieder. Basierend auf diesen Quellen wurden die nachfolgenden Systemgruppen hergeleitet:

Alternative_F1: **Bodengebundene Fassadenbegrünung ohne Kletterhilfe (Efeu)**

Alternative_F2: **Bodengebundene Fassadenbegrünung ohne Kletterhilfe (Veitschii)**

Bei bodengebundenen Fassadenbegrünungen ohne Kletterhilfen dient die Fassade selbst als Wuchsuntergrund. Außer der Bereitstellung einer Pflanzgrube und dem etwaigen Einbau von Wuchsbegrenzungen sind für gewöhnlich keine weiteren bautechnischen Maßnahmen notwendig. Bei dieser Begrünungsart kommen ausschließlich selbstkletternde Pflanzen, sogenannte Selbstklimmer (Wurzelkletterer und Haftscheibenranker), zum Einsatz (Pfoser 2016, S54f).

Aufgrund von unterschiedlichen Wuchseigenschaften und Erfordernissen bezüglich der Pflege der Pflanzen wurden im Rahmen der Masterarbeit für diese Fassadenbegrünungsart eine Efeu-Variante und eine Veitschii-Variante angenommen.

Efeu (*Hedera helix*) ist ein starkwüchsiges, immergrünes Klettergehölz, welches mit Hilfe seiner Haftwurzeln bis zu 25 m hoch wachsen kann. Efeu-Arten besitzen lichtfliehende Triebe und neigen verstärkt zu negativen Phototropismus. Bei der Mauerkatze (*Parthenocissus tricuspidata Veitchii*), auch Wilder Wein genannt, handelt es sich hingegen um eine sommergrüne Kletterpflanze, deren Blätter sich vor Laubabwurf rot verfärben. Sie besitzt Haftscheiben und kann mit diesen bis zu 20 m hoch klettern (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S37f).

Alternative_F3: **Bodengebundene Fassadenbegrünung mit Kletterhilfe – starr**

Alternative_F4: **Bodengebundene Fassadenbegrünung mit Kletterhilfe – flexibel**

Bodengebundene Fassadenbegrünungen mit Kletterhilfen findet man in verschiedenen Ausführungsformen. Es kommen vorwiegend Gerüstkletterpflanzen zum Einsatz, welche für ihre Entwicklung eine Wuchskonstruktion benötigen (Pfoser 2013, S44). Diese Kletterhilfen sind aus unterschiedlichen Materialien gefertigt, beispielsweise aus Metall, Holz oder Kunststoff, und werden zumeist in Form von Stäben, Rohren, Seilen, Gittern oder Netzen errichtet (Dettmar et al. 2016, S20). Folglich kann zwischen starren und flexiblen Wuchshilfen unterschieden werden, welche je nach gewünschten Begrünungsziel als lineare oder flächige Systeme installiert werden und dadurch eine punktuelle oder ganzflächige Begrünung ermöglichen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S84-91).

Gerüstkletterpflanzen können entsprechend ihrer Kletterstrategie in die Wuchsformen Schlinger bzw. Winder, in Spross- oder Blattstielranker und in Spreizklimmer unterteilt werden. Schlinger/Winder bevorzugen Rundprofile (Durchmesser: 0,4 – 5 cm) in vertikaler Ausrichtung, ausgeführt als Stab-, Rohr- oder Seilkonstruktionen. Spross- und Blattstielranker benötigen gitter- bzw. netzförmige Kletterhilfen (Durchmesser: 0,3 – 3 cm) mit einer Gitterweite zwischen 15 – 40 cm. Spreizklimmer bevorzugen Wuchshilfen in horizontaler Ausrichtung, meist in Form von Stab-, Seil- oder Rohrkonstruktionen, welche im Abstand von 30 – 40 cm an der Fassade angebracht werden (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. 2018, S85).

Alternative_F5: Troggebundene Fassadenbegrünung (horizontale Vegetationsfläche)

Durch die Verwendung von einzelnen Pflanzgefäßen ist eine punktuelle – bei entsprechender Anordnung auch eine teilflächige – Begrünung ausgewählter Fassadenbereiche mit verschiedenen Pflanzengesellschaften möglich. Die unterschiedlich groß dimensionierten Tröge können sowohl an der Fassade montiert, als auch ebenerdig oder auf Balkonen aufgestellt werden (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S79-93). Um die Übersicht im Bewertungsprozess zu wahren, wurden bei der nachfolgenden Beurteilung der Systemgruppen ausschließlich troggebundene Begrünungen, welche direkt an der Fassade fixiert werden, behandelt.

Alternative_F6: Regalsysteme bzw. Pflanzenregale als Vorfassade (horizontale Vegetationsfläche)

Bei Fassadenbegrünungen mittels Regalsystemen werden in variablen Abständen waagrechte Rinnen, Kästen oder Wannen an der Fassade angebracht, welche als Pflanzgefäße dienen (Pfoser 2013, S46f). Als Vegetationsträger wird meist Substrat, Vlies oder Geotextil verwendet. In Abhängigkeit von den Regalabständen und der Größe der Pflanzgefäße lassen sich je nach Standortbedingungen unterschiedliche Sedum-Arten, Gräser, Kräuter, Stauden, sowie Kletterpflanzen und Gehölze kultivieren (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S94-97).

Alternative_F7: Modulare Systeme (senkrechte Vegetationsfläche)

Alternative_F8: Flächige Konstruktion (senkrechte Vegetationsfläche)

Bei diesen beiden Fassadenbegrünungsarten handelt es sich um Systeme mit senkrechten Vegetationsflächen. Diese Begrünungen werden weithin auch als „vertikale Gärten“ bezeichnet (Dettmar et al. 2016, S20). Die Pflanzen wachsen geneigt oder im 90°-Winkel in mit Substrat oder Substratersatz gefüllten Pflanzgefäßen aus Geotextil, Vlies oder Metall, welche auf einer entsprechenden Unterkonstruktion angebracht werden. Modulare Systeme bestehen aus einzelnen, vorkultivierten, rechteckigen Elementen, die an der Fassade zusammengesteckt bzw. befestigt werden und so einen geschlossenen Bewuchs ermöglichen. Bei flächigen Konstruktionen besteht die Vegetationsfläche aus einem einzelnen Trägerelement, welches vollflächig an der Fassade des Gebäudes montiert wird (Pfoser 2016, S60-63).

4.3 Analyseschritt 3: Bestimmung der Ziel- bzw. Bewertungskriterien

In diesem Analyseschritt wurden die potenziellen Ziel- bzw. Bewertungskriterien ermittelt, anhand derer sich die diversen Systemgruppen in Hinblick auf die Erfüllung der einzelnen Subziele voneinander differenzieren lassen, und in weiter Folge bewertet werden können.

4.3.1 Ziel- und Bewertungskriterien Dachbegrünung

Tabelle 8: Ziel-/Bewertungskriterien für die Bewertung der Dachbegrünungssystemgruppen (Eigene Erstellung)

Subziel	Code	Ziel- oder Bewertungskriterium	Code adaptiert
Tragfähigkeit	D1.1.1.	Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion	D1.1.1.1.
		Punktlast (Bauwerke, Großsträucher, Bäume, etc.) ist zu berücksichtigen	D1.1.1.2.
		Windsoglast ist zu berücksichtigen	D1.1.1.3.
Zugänglichkeit	D1.1.2.	Konstruktiver und bautechnischer Aufwand für sichere Zugänglichkeit (Pflegegänge / Instandhaltung / etc.)	D1.1.2.1.
Begehbarkeit	D1.1.3.	Tragfähigkeit des Gesamtaufbaus und der Bepflanzung	D1.1.3.1.
Rutsch- und Schubsicherung	D1.1.4.	Rutsch- und Schubsicherung mittels bautechnischer Maßnahmen notwendig	D1.1.4.1.
		Rutsch- und Schubsicherung mittels vegetationstechnischer Maßnahmen möglich	D1.1.4.2.
Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	D1.1.5.	Wasseranschluss ist erforderlich	D1.1.5.1.
		Wuchsbegrenzung (Kiesstreifen) ist erforderlich	D1.1.5.2.
Dachkonstruktionsaufbau	D1.1.6.	Geeignet für zweischaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung, durchlüftet (Kaltdach)	D1.1.6.1.
		Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau ohne Wärmedämmung	D1.1.6.2.
		Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung unter der Feuchtigkeitsabdichtung (Warmdach)	D1.1.6.3.
		Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung über der Feuchtigkeitsabdichtung (Umkehrdach)	D1.1.6.4.
Pflanzentypen	D1.2.1.	Gräser / Kräuter	D1.2.1.1.
		Sedum	D1.2.1.2.
		Moos	D1.2.1.3.
		Stauden	D1.2.1.4.
		Gehölze / Sträucher	D1.2.1.5.

		Bäume	D1.2.1.6.
Begrünungsverfahren	D1.2.2.	Kultivierungsmöglichkeiten (Einsatz von Vegetationsträgern)	D1.2.2.1.
		Pflanzung oder Saat	D1.2.2.2.
Flächenwirkung	D1.2.3.	Gestalt / Vielfalt	D1.2.3.1.
		Dauer bis zum Erreichen der Zielvegetation (abhängig von Technik, Investitionskapital, Pflanzenwahl, etc.)	D1.2.3.2.
Ausführung / Errichtung	D2.1.1.	Investitionsaufwand (Errichtungskosten)	D2.1.1.1.
Anwuchspflege	D2.1.2.	Pflegeaufwand	D2.1.2.1.
		Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	D2.1.2.2.
		Nährstoffversorgung	D2.1.2.3.
Entwicklungspflege	D2.1.3.	Pflegeaufwand	D2.1.3.1.
		Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	D2.1.3.2.
		Nährstoffversorgung	D2.1.3.3.
Erhaltungspflege	D2.1.4.	Pflegeaufwand	D2.1.4.1.
		Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	D2.1.4.2.
		Nährstoffversorgung	D2.1.4.3.
Wartung und Instandhaltung technischer Bestandteile	D2.1.5.	Wartungs- und Instandhaltungsaufwand	D2.1.5.1.
Schutz der Bausubstanz	D2.2.1.	Schutz der Dachhaut durch physischen Materialschutz	D2.2.1.1.
Dämmfunktion	D2.3.1.	Reduktion Wärmeverlust (Wärmepufferwirkung)	D2.3.1.1.
		Kühlung des Daches / Schutz vor Wärme-eindringung	D2.3.1.2.
Habitatschaffung und Biodiversität	D3.1.1.	Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen und Grünkorridoren	D3.1.1.1.
		Artenvielfalt (Flora)	D3.1.1.2.
		Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorenegegangene Areale	D3.1.1.3.
Verdunstung und Verdunstungskälte	D3.2.1.	Hitzereduktion durch versickerungsfähige Oberflächen	D3.2.1.1.
		Hitzereduktion durch Beschattung und Transpiration der Pflanzen	D3.2.1.2.
		Erhöhte Verdunstungsrate durch Speicherung von Niederschlagswasser	D3.2.1.3.
Schadstoffbindung und O ₂ Produktion	D3.2.2.	CO₂ Bindung durch Vegetation	D3.2.2.1.
		Potenzial für Feinstaubbindung	D3.2.2.2.
		CO₂ Einsparung durch Schaffung von Freiräumen vor Ort / "Stadt der kurzen Wege"	D3.2.2.3.

Rückhalt / Speicherung / Verdunstung von H ₂ O	D3.3.1.	Minimierung von Abflussmengen und Abflussspitzen (Entlastung des Kanalsystems)	D3.3.1.1.
		Wasserrückhalt bzw. Abflussverzögerung	D3.3.1.2.
Lärmschutz	D3.4.1.	Reduktion des Schalleintrags in Gebäude	D3.4.1.1.
		Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung	D3.4.1.2.
Soziale Interaktionen	D3.4.2.	Potenzielle Freiräume für unterschiedliche Nutzer*innengruppen	D3.4.2.1.
Erneuerbare Energie	D3.5.1.	Kombination Dachbegrünung mit Photovoltaik - Steigerung des Energieertrags durch Kühlwirkung	D3.5.1.1.
Urban Farming und Lebensmittel- produktion	D3.5.2.	Möglichkeit der Nahrungsmittelproduktion	D3.5.2.1.
Erweiterung des Lebensraums	D3.5.3.	Schaffung von Wohnraum / Nutzfläche / Öffentlichen Raum	D3.5.3.1.

4.3.2 Ziel- und Bewertungskriterien Fassadenbegrünung

Tabelle 9: Ziel-/Bewertungskriterien für die Bewertung der Fassadenbegrünungssystemgruppen (Eigene Erstellung)

Subziel	Code	Ziel- oder Bewertungskriterium	Code adaptiert
Tragfähigkeit und Statik	F1.1.1.	Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion	F1.1.1.1.
		Prüfung des Wuchsuntergrundes notwendig	F1.1.1.2.
		Statischer Nachweis erforderlich	F1.1.1.3.
		Anforderung an tragende Bauteile	F1.1.1.4.
		Verankerung notwendig	F1.1.1.5.
Fassadentyp	F1.1.2.	Eignung für den Fassadentyp Massivkonstruktion	F1.1.2.1.
		Eignung für den Fassadentyp Wärmedämmverbund	F1.1.2.2.
		Eignung für vorgehängte hinterlüftete Fassaden	F1.1.2.3.
Platzbedarf	F1.1.3.	Notwendige Distanz zur Fassade	F1.1.3.1.
Materialeinsatz und Materialaufwand	F1.1.4.	Aufwand für Kletterhilfe	F1.1.4.1.
		Aufwand für Pflanzgefäß	F1.1.4.2.
		Kumulierter Materialaufwand	F1.1.4.3.
Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	F1.1.5.	Anschluss notwendig (Strom, Wasser) in der Betriebsphase	F1.1.5.1.
		Wuchsbegrenzung zum Schutz der Fassade notwendig	F1.1.5.2.
		Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten erforderlich	F1.1.5.3.
Pflanzentypen	F1.2.1.	Gräser / Kräuter	F1.2.1.1.
		Sedum / Moose	F1.2.1.2.
		Stauden	F1.2.1.3.
		Kletterpflanzen – einjährig	F1.2.1.4.

		Kletterpflanzen – mehrjährig, verholzend	F1.2.1.5.
		Gehölze	F1.2.1.6.
Flächenwirkung	F1.2.2.	Begrünungsdauer	F1.2.2.1.
Ausführung / Errichtung	F2.1.1.	Investitionsaufwand (Errichtungskosten)	F2.1.1.1.
Anwuchspflege	F2.2.1.	Pflegeaufwand	F2.2.1.1.
		Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.1.2.
		Nährstoffversorgung	F2.2.1.3.
Entwicklungspflege	F2.2.2.	Pflegeaufwand	F2.2.2.1.
		Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.2.2.
		Nährstoffversorgung	F2.2.2.3.
Erhaltungspflege	F2.2.3.	Pflegeaufwand	F2.2.3.1.
		Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.3.2.
		Nährstoffversorgung	F2.2.3.3.
Wartung und Instandhaltung technischer Bestandteile	F2.2.4.	Wartungs- und Instandhaltungsaufwand	F2.2.4.1.
Schutz der Bausubstanz	F2.3.1.	Schutz der Fassade durch physischen Materialschutz	F2.3.1.1.
Dämmfunktion	F2.4.1.	Reduktion Wärmeverlust / Wärmepufferwirkung	F2.4.1.1.
		Verschattung der Fassade / Schutz vor Wärmeeindringung	F2.4.1.2.
		Verschattung der Fenster / Einsparung technischer Verschattungsanlagen	F2.4.1.3.
Habitatschaffung und Biodiversität	F3.1.1.	Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen und Grünkorridoren	F3.1.1.1.
		Artenvielfalt (Flora)	F3.1.1.2.
		Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorengegangene Areale	F3.1.1.3.
Verdunstung und Verdunstungskälte	F3.2.1.	Erhöhte Luftfeuchte durch Bewässerung und Transpiration	F3.2.1.1.
		Hitzereduktion durch Beschattung und Transpiration der Pflanzen	F3.2.1.2.
Positive mikroklimatische Effekte	F3.2.2.	Dauer bis zur Entfaltung positiver mikroklimatischer Wirkungen	F3.2.2.1.
Rückhalt / Speicherung / Verdunstung von H ₂ O	F3.3.1.	Minimierung von Abflussmengen und Abflussspitzen (Entlastung des Kanalsystems)	F3.3.1.1.
Lärmschutz	F3.4.1.	Reduktion des Schalleintrags in Gebäude	F3.4.1.1.
		Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung	F3.4.1.2.

5 Analyse – Teil 2: Qualitative Bewertung von Bauwerksbegrünungsmaßnahmen

In Analyseschritt 5 wurden die Ergebnisse der Einzel- und Gruppenbewertung mithilfe einer Bewertungsmatrix visuell dargestellt und die einzelnen Bewertungskriterien deskriptiv erläutert.

Um eine bessere Übersicht geben zu können, erfolgte eine Gliederung der Kriterien nach technischen, ökonomischen und sozialen bzw. ökologischen Komponenten analog zu den in Analyseschritt 1 vordefinierten Oberzielen (Funktionalität, Kosteneffizienz und Verbesserung der Lebensqualität).

Abbildung 9 zeigt den Bewertungsschlüssel nach technischen, ökonomischen und ökologischen / sozialen Faktoren, aus dem folglich in Analyseschritt 5 die Erfüllungsgrade für die Durchführung einer Nutzwertanalyse abgeleitet wurden.

Bewertungsschlüssel	
	„sehr hoch“
	„hoch“
	„neutral“
	„gering“
	„sehr gering“

Abbildung 9: Bewertungsschlüssel für die Beurteilung der unterschiedlichen Systemlösungen nach technischen, ökonomischen und ökologischen / sozialen Faktoren (Eigene Erstellung)

Unter der Annahme, dass mit der Installation eines bestimmten Dach- oder Fassadenbegrünungssystems immer eine objekt- und/oder umfeldbezogene Verbesserung einhergeht (siehe Maxime auf Seite 45), dient der in Abbildung 9 dargestellte Bewertungsschlüssel der Beantwortung der Frage nach dem potenziell erreichbaren Gesamtnutzen (= Nutzwert) eines Begrünungstyps unter Einbeziehung der drei Oberziele (Funktionalität, Kosteneffizienz und Verbesserung der Lebensqualität). Demnach leisten dunkelgrüne Zellen einen „sehr hohen“ Beitrag bzw. besitzen ein „sehr hohes“ Potenzial zur Erfüllung dieser Oberziele, rote Felder hingegen können nur „sehr gering“ dazu beitragen.

Je nach zu bewertendem Parameter ergeben sich dabei unterschiedliche Fragestellungen.

Die Beurteilung des Kriteriums *Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion* (D1.1.1.1.) des Subziels *Tragfähigkeit* der Dachbegrünungssystemgruppen (siehe Tab. 11) folgte beispielsweise dem folgenden Schema:

Die Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion wurde für Intensivbegrünungen aufgrund der Dicke der Vegetationstragschicht und des Gesamtgewichts des Begrünungsaufbaus als „sehr hoch“ eingestuft (siehe Legende Tab. 11). In Hinblick auf den zu ermittelnden Gesamtnutzen und in Relation zu den drei weiteren Alternativen zur

Dachbegrünung (Reduzierte Intensivbegrünungen, Extensivbegrünungen und reduzierte Exensivbegrünungen) wurde dieser Posten rot eingefärbt. Für die höhere Anforderung an die Tragfähigkeit wurde ein zusätzlicher ökonomischer Aufwand angenommen. Das Ziel einer generellen objekt- und/oder umfeldbezogenen Verbesserung wird somit erschwert, wodurch der Beitrag dieses Kriteriums zur Zielerfüllung grundsätzlich als „sehr gering“ eingeschätzt und rot koloriert wurde. Darüber hinaus sind bei Intensivbegrünungen die Auswirkungen von *Punktlasten* (D1.1.1.2.) und *Windsoglasten* (D1.1.1.3.) verstärkt zu berücksichtigen. Demnach wurde für dieses Kriterium die Bewertung „trifft unbedingt zu“ vergeben (siehe Legende Tab. 11). In Hinblick auf die Erfüllung des übergeordneten Ziels einer generellen objekt- und/oder umfeldbezogenen Verbesserung wurde dieses Kriterium ebenfalls rot eingefärbt und der Beitrag zur Zielerfüllung als „sehr gering“ eingeschätzt (siehe Abb. 9).

In Hinblick auf den potenziellen Teilnutzen des nächsten Ziel- bzw. Bewertungskriteriums wurde der *konstruktive und bautechnische Aufwand für sichere Zugänglichkeit* (D1.1.2.1.) für Intensivbegrünungen als „hoch“ eingestuft (siehe Legende Tab. 12). Das Einfärben der Zelle mit oranger Farbe bezieht sich auf den angenommenen „geringen“ Beitrag dieses Parameters zur Erreichung des potenziellen Gesamtnutzens von Alternative D1 (siehe Abb. 9 und Tab. 11).

Demnach fungiert der in Abb. 9 dargestellte Bewertungsschlüssel auf zwei unterschiedlichen Ebenen:

Schritt 1 (*Ebene 1*): Anhand der Legende kann die angenommene Performance einer Alternative (innerhalb eines Kriteriums) in Relation zu den weiteren Alternativen abgelesen werden.

Schritt 2 (*Ebene 2*): Anhand des vergebenen Farbcodes wird der Beitrag eines Kriteriums zur Erreichung der drei Oberziele (in Hinblick auf den Gesamtnutzen) eingeschätzt.

Bei der Bewertung der einzelnen Ziel- bzw. Bewertungskriterien dienen die unterschiedlichen Farbfelder also dazu, den Beitrag eines Kriteriums zur (Teil-)Zielerfüllung zu erfassen. Demnach handelt es sich um einen interagierenden Bewertungsschlüssel, welcher einerseits die Performance des Begrünungssystems innerhalb eines Kriteriums erfasst und gleichzeitig den Beitrag zur Erfüllung der drei Oberziele (aus welchen sich schlussendlich die Gesamtnutzen bzw. die Nutzwerte der Systemgruppen ergeben) festlegt.

In der nachfolgenden Beurteilung wurden bei einigen Bewertungskriterien auch systembezogene Faktoren (siehe Tab. 10) erfasst und diese zweifärbig in den jeweiligen Bewertungstabellen markiert. Bei der Begutachtung eines konkreten Aspektes ist stets von mehr oder minder stark auftretenden Wechselwirkungen auszugehen, weshalb die Quantifizierung eines bestimmten Kriteriums als komplex erachtet werden kann. Um die Übersichtlichkeit zu wahren wurde je nach Begrünungssystemgruppe und Kriterium maximal ein zusätzlicher systembezogener Faktor angenommen und in den Tabellen mittels Fußnoten vermerkt.

Tabelle 10 Systembezogene Faktoren für die Bewertung der Dächer und Fassaden (Eigene Erstellung)

Systembezogene Faktoren: Dach	
(1)	bei Vorkultur
(2)	Bereitstellung potenzieller Habitats für Spezialisten
(3)	bei Ausführung als artenreiche Wiesengesellschaft
Systembezogene Faktoren: Fassade	
(1)	bei Ausführung als flächige Kletterhilfe
(2)	bei Ausführung als lineare Kletterhilfe
(3)	bei flächiger Begrünung
(4)	bei punktueller Begrünung
(5)	wenn Abstand der Vegetationsträger (linear) < 50 cm
(6)	wenn Abstand der Vegetationsträger (linear) > 50 cm
(7)	bei Verwendung von Kletterpflanzen
(8)	bei Vorkultur
(9)	bei Aussaat
(10)	mit Flüssigdünger
(11)	mit Depotdünger
(12)	nur bei entsprechender Wartung
(13)	im Winter
(14)	solarer Gewinn durch Sonneneinstrahlung (Winter)
(15)	abhängig von Pflanzträger und Biomasse
(16)	flächige Verdunstung über wasserführende Vegetationsträger
(17)	wenn Nistmodule eingebaut
(18)	wenn Pflanzgrube ausgeformt als Regengarten (bei ausreichendem Platzangebot)
(19)	wenn Brauchwasseranlage inkludiert
(20)	wenn Substrat / System erhöhten Wasserrückhalt aufweist

5.1 Analyseschritt 4: Erste Bewertung der Systemgruppen zur Dachbegrünung

5.1.1 Bewertung der Systemgruppen zur Dachbegrünung: Technische Komponenten

5.1.1.1 Konstruktive und bautechnische Kriterien

5.1.1.1.1 Subziel: Tragfähigkeit (Anforderung, Punktlast, Windsoglast)

Tabelle 11: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Tragfähigkeit (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
KONSTRUKTIVE UND BAUTECHNISCHE KRITERIEN						
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium	IB	RIB	EB	REB
Tragfähigkeit	D1.1.1.1.	Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion				
	D1.1.1.2.	Punktlast (Bauwerke, Großsträuchern, Bäumen, etc.) ist zu berücksichtigen				
	D1.1.1.3.	Windsoglast ist zu berücksichtigen				

Legende:

	sehr niedrig bzw. trifft nicht zu	IB	Intensivbegrünung
	niedrig bzw. trifft teilweise zu	RIB	Reduzierte Intensivbegrünung
	hoch bzw. trifft bedingt zu	EB	Extensivbegrünung
	sehr hoch bzw. trifft unbedingt zu	REB	Reduzierte Extensivbegrünung

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion [**D1.1.1.1.**]

Bei der Installation einer Dachbegrünung muss grundsätzlich auf die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion und auf die statischen Vorbedingungen des Daches Rücksicht genommen werden. Die Gesamt-Tragfähigkeit ist abhängig von der Last aller Funktionsschichten bei maximaler Wasseraufnahme und der Flächenlast der wachsenden Pflanzengesellschaften (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S9).

Die Bewertung erfolgte in Hinblick auf den Schichtaufbau der unterschiedlichen Systemlösungen und der in der Vegetationstragschicht potenziell wachsenden Vegetation.

Grundsätzlich benötigen bereits reduzierte Intensivbegrünungen eine dickere Vegetationstragschicht von mindestens 15 cm, wohingegen eine Sedum-Moos-Gesellschaft in

Form einer reduzierten Extensivbegrünung ab 8 cm Begrünungsaufbau etabliert werden kann (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S21).

- Punktlast (Bauwerke, Großsträucher, Bäume, etc.) ist zu berücksichtigen [D1.1.1.2.]

Durch einen dickeren Schichtaufbau bei Intensivbegrünungen besteht die Möglichkeit hochwachsende Sträucher oder Bäume zu setzen und zusätzliche (Gestaltungs-)Elemente wie Rankgerüste, Pergolen, Leuchten, Spielgeräte, Wasserbecken, Insektenhotels oder Photovoltaikmodule zu errichten. Bei der Planung und Ausführung müssen derartige Objekte als „Punktlasten“ berücksichtigt werden (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S10).

Auch bei reduzierten Intensivbegrünungen können trotz einer geringeren Dicke des Schichtaufbaus Punktlasten auftreten, beispielsweise durch das Platzieren von Pflanztrögen oder durch das Anlegen von Anhögelungen bei der topographischen Gestaltung der Dachbegrünung (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018).

Die bestimmenden Faktoren bei der Bewertung sind der Schichtaufbau der Begrünungsart und die sich potenziell darauf entwickelnde Vegetation.

Die geringere Aufbaudicke von (reduzierten) Extensivbegrünungen erlaubt für gewöhnlich nur eine Pflanzung mit niedrigwachsenden Vegetationsformen (Moosen, Sukkulenten, Kräuter, Gräser). Darüber hinaus besteht keine Möglichkeit zusätzliche Ausstattungselemente zu errichten. Die auftretenden Punktlasten sind hier nur marginal (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S21, S53).

- Windsoglast ist zu berücksichtigen [D1.1.1.3.]

In Abhängigkeit von der angrenzenden Umgebung, sowie von der Gebäudehöhe und der Höhe der Attika des Daches, wirken je nach Wuchshöhe der etablierten Pflanzengesellschaft unterschiedlich starke Windlasten auf den Schichtaufbau der jeweiligen Begrünungsart (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018). Diese Windsoglasten müssen bei der Planung und Errichtung einer Dachbegrünung berücksichtigt werden (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S10).

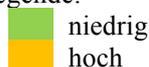
Das Ausmaß des Einwirkens der Windlast auf den Dachkonstruktionsaufbau der unterschiedlichen Systemgruppen steht in direkten Zusammenhang mit der darauf etablierten Vegetation. Ein höheres und dichteres Pflanzenwachstum geht zwangsläufig einher mit stärkeren Windsoglasten.

5.1.1.1.2 Subziel: Zugänglichkeit

Tabelle 12: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Zugänglichkeit (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
KONSTRUKTIVE UND BAUTECHNISCHE KRITERIEN			IB	RIB	EB	REB
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium				
Zugänglichkeit	D1.1.2.1.	Konstruktiver und bautechnischer Aufwand für sichere Zugänglichkeit (Pflegegänge/Instandhaltung/etc.)				

Legende:



IB Intensivbegrünung
 RIB Reduzierte Intensivbegrünung
 EB Extensivbegrünung
 REB Reduzierte Extensivbegrünung

Bewertungs- bzw. Zielkriterium:

- Konstruktiver und bautechnischer Aufwand für sichere Zugänglichkeit (Pflegegänge/Instandhaltung/etc.) **[D1.1.2.1.]**

Sowohl für die Errichtung der jeweiligen Dachbegrünungsmaßnahme, als auch für etwaige damit einhergehenden Wartungs-, sowie Reparatur- und Pflegearbeiten, muss ein sicherer Zugang des Daches gewährleistet sein (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S11). Je nach Erfordernis kann dieser über Dachleitern, Stiegen, Sicherungsgeländer oder eine Steigschutzeinrichtung erfolgen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit Ankerpunkte anzubringen oder Seilsicherungssysteme zu installieren (AUVA 2006, S11).

Das Ausmaß der Sicherungseinrichtungen ist abhängig von der gewählten Begrünungsart, aber auch von der Lage und der Art des Daches. Der technische Aufwand um eine sichere Zugänglichkeit des Daches und des Gesamtaufbaus zu garantieren ist bei (reduzierten) Extensivbegrünungen üblicherweise geringer als bei (reduzierten) Intensivbegrünungen.

5.1.1.1.3 Subziel: Begehbarkeit

Tabelle 13: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Begehbarkeit (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
KONSTRUKTIVE UND BAUTECHNISCHE KRITERIEN						
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium	IB	RIB	EB	REB
Begehbarkeit	D1.1.3.1.	Tragfähigkeit des Gesamtaufbaus und der Bepflanzung				

Legende:

	sehr hoch
	hoch
	niedrig
	sehr niedrig

IB	Intensivbegrünung
RIB	Reduzierte Intensivbegrünung
EB	Extensivbegrünung
REB	Reduzierte Extensivbegrünung

Bewertungs- bzw. Zielkriterium:

- Tragfähigkeit des Gesamtaufbaus und der Bepflanzung [**D1.1.3.1.**]

Die Tragfähigkeit des Gesamtaufbaus und der Bepflanzung ist abhängig von der mechanischen Belastbarkeit der unterschiedlichen Systemlösungen und entscheidet, ob ein Dachbegrünungssystem betreten werden darf. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 27.7.2018)

(Reduzierte) Extensivbegrünungen sind grundsätzlich nur für Kontrollgänge und technische Wartungsarbeiten zu begehen, wohingegen (reduzierte) Intensivbegrünungen praktisch immer betreten werden können (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S7).

5.1.1.1.4 Subziel: Rutsch- und Schubsicherung (abhängig von der Dachneigung)

Tabelle 14: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Rutsch- & Schubsicherungen (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
KONSTRUKTIVE UND BAUTECHNISCHE KRITERIEN			IB	RIB	EB	REB
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium				
Rutsch- und Schubsicherungen (abhängig von der Dachneigung)	D1.1.4.1.	Rutsch- und Schubsicherungen mittels bautechnischer Maßnahmen notwendig				
	D1.1.4.2.	Rutsch- und Schubsicherungen mittels vegetationstechnischer Maßnahmen möglich				

Legende:

- trifft teilweise zu
- trifft bedingt zu

- IB Intensivbegrünung
- RIB Reduzierte Intensivbegrünung
- EB Extensivbegrünung
- REB Reduzierte Extensivbegrünung

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Rutsch- und Schubsicherungen mittels bautechnischer Maßnahmen notwendig **[D1.1.4.1.]**

Um ein Abrutschen von einzelnen Schichten bzw. des gesamten Schichtaufbaus zu verhindern, gibt es für jede Begrünungsmaßnahme in Abhängigkeit von der Dachneigung unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten. Ab einem Gefälle von mehr als 26 % (15°) sind bautechnische Maßnahmen zur Rutsch- und Schubsicherung obligatorisch. Für mehr als 15° geneigte Dächer und Steildächer bieten die verschiedenen Hersteller diverse Schubsicherungssysteme an, meist in Form von Schubswellen, Schubprofilen oder Schubgeweben. (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S15).

Bei Flachdächern genügt unter Berücksichtigung eines Mindest-Gefälles von 2 % (1°) zur Wasserableitung die Verwendung von Randeinfassungselementen in Kombination mit entsprechenden Entwässerungseinrichtungen (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S8).

Generell sind (reduzierte) Intensivbegrünungen nur bis zu einer Dachneigung von 5 % (3°) möglich. In der Regel erfolgt die Ausführung als Schrägdach bis maximal 45° (100 %) Dachneigung in Form von (reduzierten) Extensivbegrünungen, da durch die geringere Gesamtdicke des Begrünungsaufbaus das darunterliegende Dach schwächer belastet wird („die umweltberatung“ 2009, S18).

- Rutsch- und Schubsicherungen mittels vegetationstechnischer Maßnahmen möglich
[D1.1.4.2.]

Damit das Wurzelwachstum der Pflanzen effektiv die Funktion der Rutsch- und Schubsicherung übernehmen, bzw. dazu beitragen kann, ist eine dementsprechende Substratzusammensetzung notwendig um die Ausformung einer kompakten Vegetationstragschicht zu gewährleisten (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S15).

Der entscheidende Faktor bei der Bewertung ist die theoretische Machbarkeit. Je mehr Durchwurzelungsraum der Pflanze zur Verfügung steht, und je kräftiger und dichter sich das auszubildende Wurzelsystem entwickelt, desto höher ist auch deren Beitrag zu einer wirkungsvollen Rutsch- und Schubsicherung. Neben der Pflanzenwahl ist also primär die Dicke der Vegetationstragschicht bei den unterschiedlichen Begrünungsarten entscheidend.

5.1.1.1.5 Subziel: Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung (Wasseranschluss, Wuchsbegrenzung)

Tabelle 15: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
KONSTRUKTIVE UND BAUTECHNISCHE KRITERIEN						
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium	IB	RIB	EB	REB
Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	D1.1.5.1.	Wasseranschluss ist erforderlich				
	D1.1.5.2.	Wuchsbegrenzung (Kiesstreifen) ist erforderlich				

Legende:



trifft teilweise zu
trifft bedingt zu

IB Intensivbegrünung
RIB Reduzierte Intensivbegrünung
EB Extensivbegrünung
REB Reduzierte Extensivbegrünung

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Wasseranschluss ist erforderlich **[D1.1.5.1.]**

Eine Grundbedingung für ein rasches und üppiges Pflanzenwachstum ist die stetige Verfügbarkeit mit genügend Wasser.

(Reduzierten) Extensivbegrünungen sollte das ihnen vor Ort zur Verfügung stehende Niederschlagswasser ausreichen. Für die Wasserversorgung bei reduzierten Intensivbegrünungen und Intensivbegrünungen bedarf es zudem der Installation von zusätzlichen Wasserleitungen und Wasseranschlüssen (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S11).

- Wuchsbegrenzung (Kiesstreifen) ist erforderlich **[D1.1.5.2.]**

Die Anlage eines bis zu 50 cm breiten Kiesstreifens ist bei allen Systemlösungen aus entwässerungstechnischen Gründen erforderlich. Diese Wuchsbegrenzung dient vor allem dazu, das Einwachsen der Pflanzen in die Entwässerungseinrichtungen zu verhindern und einen eventuellen Schmutzeintrag zu unterbinden (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S14).

Der dadurch entstehende Mehraufwand richtet sich nach der tatsächlichen Größe der Dachbegrünung, sowie nach der Anzahl der notwendigen vegetationsfreien Flächen rund um Kontrollschächten, Abläufen, Entwässerungsrinnen, etc.

5.1.1.1.6 Subziel: Dachkonstruktionsaufbau (ein-/zweischalig, Wärmedämmung)

Tabella 16: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Dachkonstruktionsaufbau (Eigene Erstellung)

			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
Alternative			D1	D2	D3	D4
KONSTRUKTIVE UND BAUTECHNISCHE KRITERIEN						
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium	IB	RIB	EB	REB
Dachkonstruktionsaufbau	D1.1.6.1.	Geeignet für zweischaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung, durchlüftet (Kaltdach)				
	D1.1.6.2.	Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau ohne Wärmedämmung				
	D1.1.6.3.	Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung unter der Feuchtigkeitsabdichtung (Warmdach)				
	D1.1.6.4.	Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung über der Feuchtigkeitsabdichtung (Umkehrdach)				

Legende:

 neutral bzw. nicht definierbar

IB Intensivbegrünung

RIB Reduzierte Intensivbegrünung

EB Extensivbegrünung

REB Reduzierte Extensivbegrünung

Die Eignung einer spezifischen Begrünungsart richtet sich prinzipiell nach der maximalen Lastannahme des Daches und der vorgegebenen Dachneigung („die umweltberatung“ 2009, S19).

Tabella 17: Lastannahme unterschiedlicher Dachbegrünungstypen, Quelle: Fa. Optigrün 2020 (Eigene Erstellung)

Dachbegrünungstyp	Maximale Lastannahme
Reduzierte Extensivbegrünung	ab 55 kg/m ²
Extensivbegrünung	90 - 100 kg/m ²
Reduzierte Intensivbegrünung	ab 100 kg/m ²
Intensivbegrünung	310 - 600 kg/m ²

Darüber hinaus ist die Dachbauweise eines Gebäudes ein wichtiger Faktor bei der Wahl einer passenden Systemlösung und entscheidet über deren Ausführungsform. ÖNORM L1131:2010 „*Gartengestaltung und Landschaftsbau – Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken*“ nennt diesbezüglich die nachfolgenden Formen eines Dachkonstruktionsaufbaus, welche im Zuge dieser Bewertung als Bewertungs- bzw. Zielkriterien fungieren (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S9).

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Geeignet für zweischaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung, durchlüftet (Kaltdach) **[D1.1.6.1.]**
- Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau ohne Wärmedämmung **[D1.1.6.2.]**
- Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung unter der Feuchtigkeitsabdichtung (Warmdach) **[D1.1.6.3.]**
- Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung über der Feuchtigkeitsabdichtung (Umkehrdach) **[D1.1.6.4.]**

Grundsätzlich werden von den unterschiedlichen Herstellern für sämtliche Dachbauweisen geeignete Systemlösungen angeboten. Je nach Machbarkeit und Komplexität des Dachkonstruktionsaufbaus sind damit finanzielle Mehraufwände verbunden.

Um die praktische Übertragbarkeit dieses Bewertungsverfahrens zu verdeutlichen, sollte bei der Bewertung einer real vorkommenden Bausituationen die Eignung der eben genannten Dachkonstruktionsaufbauten berücksichtigt werden.

Im Zuge dieses Analyseschritts wurden alle vier Dachbegrünungsarten als „neutral“ bzw. „nicht definierbar“ bewertet.

5.1.1.2 Vegetationstechnische Kriterien

5.1.1.2.1 Subziel: Pflanzentypen (Gräser, Kräuter, Stauden, Gehölze ua.)

Tabelle 18: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Pflanzentypen (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
VEGETATIONSTECHNISCHE KRITERIEN			IB	RIB	EB	REB
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium				
Pflanzen- typen	D1.2.1.1.	Gräser/Kräuter				
	D1.2.1.2.	Sedum				
	D1.2.1.3.	Moos				
	D1.2.1.4.	Stauden				
	D1.2.1.5.	Gehölze/Sträucher				
	D1.2.1.6.	Bäume				

Legende:

	sehr gut geeignet
	teilweise geeignet
	nicht geeignet

IB	Intensivbegrünung
RIB	Reduzierte Intensivbegrünung
EB	Extensivbegrünung
REB	Reduzierte Extensivbegrünung

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Gräser / Kräuter **[D1.2.1.1.]**
- Sedum [D1.2.1.2.]
- Moos [D1.2.1.3.]
- Stauden [D1.2.1.4.]
- Gehölze [D1.2.1.5.]
- Bäume [D1.2.1.6.]

Grundsätzlich entscheidet die Schichtdicke der Vegetationstragschicht, unabhängig vom Wachstumssubstrat, über die Eignung der verwendbaren Pflanzentypen.

Intensivbegrünungen bieten das breiteste Spektrum an Gestaltungsmöglichkeiten und erlauben bei einem entsprechend ausgeführten Schichtaufbau eine Bepflanzung mit nahezu allen standortangepassten Pflanzenarten (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S7).

Reduzierte Intensivbegrünungen werden gemeinhin, wie in der ÖNORM L1131:2010 „*Gartengestaltung und Landschaftsbau – Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken*“ angeführt als Gehölz-Begrünung, Gehölz-Stauden-Begrünung oder als Gras-Kraut-Begrünung etabliert. Bis auf die Nutzung von hochwachsenden Bäumen, können bei dieser Begrünungsart ebenfalls sämtliche Pflanzentypen verwendet werden (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S7).

Die schmalere Vegetationstragschicht bei Extensivbegrünungen limitiert die Verwendungsmöglichkeiten von unterschiedlichen Pflanzenarten. Bei ausreichender Schichtdicke können gegebenenfalls Flachballenstauden gepflanzt werden (Pfoser et al. 2013, S65f). In der Regel erfolgt die Ausführung dieses Dachbegrünungstyps in Form einer Gras-Kraut-Gesellschaft, einer Gras-Kraut-Sedum-Gesellschaft, einer Kraut-Sedum-Moos-Gesellschaft oder als eine Sedum-Moos-Gesellschaft (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S7f).

Reduzierte Extensivbegrünungen besitzen die geringste Auswahl an etablierbaren Pflanzentypen. Die Begrünung besteht prinzipiell aus unterschiedlichen Sedum-Arten und Moosen, günstigstenfalls kultiviert als Mischpflanzung (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131., S8).

5.1.1.2.2 Subziel: Begrünungsverfahren (Kultivierung, Pflanzung, Saat)

Tabelle 19: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Begrünungsverfahren (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
VEGETATIONSTECHNISCHE KRITERIEN						
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium	IB	RIB	EB	REB
Begrünungs- verfahren	D1.2.2.1.	Kultivierungsmöglichkeiten (Einsatz von Vegetationsträgern)				
	D1.2.2.2.	Pflanzung oder Saat				

Legende:

- sehr hoch bzw. trifft zu
- hoch bzw. trifft teilweise zu
- niedrig

- IB Intensivbegrünung
- RIB Reduzierte Intensivbegrünung
- EB Extensivbegrünung
- REB Reduzierte Extensivbegrünung

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Kultivierungsmöglichkeiten (Einsatz von Vegetationsträgern) [D1.2.2.1.]

In Abhängigkeit von der Tragfähigkeit des Schichtaufbaus kommen bei der Bepflanzung des Daches unterschiedlichste Vegetationsträger zur Anwendung.

Bei sämtlichen Begrünungsarten erfolgt typischerweise der Aufbau einer Vegetationstragschicht in Form einer höhenvariablen Substratmischung auf eine darunterliegende Drainageschicht (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S18f).

Bei Intensivbegrünungen und reduzierten Intensivbegrünungen besteht darüber hinaus die Möglichkeit Pflanzgefäße als Vegetationsträger zu platzieren (Pfoser et al. 2013, S68). Aus planerischer Sicht ermöglicht dies mehr Flexibilität bei der Gestaltung der Dachbegrünung.

Grundsätzlich können für eine Bepflanzung bei allen Begrünungsarten auch vorkultivierte Vegetationsmatten eingesetzt werden. So sind am Dachbegrünungsmarkt beispielsweise für Extensivbegrünungen bereits vorgezogene Kunstfasermatten (Sedum-Kräuter-Gras-Pflanzmatten) oder organische Fasermatten, die zusätzlich auf die Substratschicht ausgebracht werden, erhältlich. Bei Reduzierten Extensivbegrünungen kann mit Hilfe von Moos-Matten oder Sedum-Moos-Matten ebenfalls eine Textilmattenbegrünung erfolgen (Pfoser et al. 2013, S64f).

Darüber hinaus ermöglichen vorkultivierte Pflanzelemente bzw. Fertiggründach-Module in Form von Körben, Kassetten oder Rinnensystemen, einen raschen Aufbau und einen schnellen und unkomplizierten Umbau (Pfoser et al. 2013, S69).

Eine Sonderform der Kultivierung bildet die reduzierte Extensivbegrünung mittels Direktbewuchs. Hierbei wird durch die Verwendung von Ziegel-, Stein- oder Kunststeinplatten mit entsprechend geformter Oberflächenplastizität gezielt das Wachstum von Moosen und Flechten gefördert (Pfoser et al. 2013, S62f).

Die Bewertung richtete sich nach der Anzahl der einsetzbaren Kultivierungsmöglichkeiten.

- Pflanzung oder Saat **[D1.2.2.2.]**

Bei der Ausbildung einer „klassischen“ Vegetationstragschicht mittels Substratschüttung, erfolgt die Begrünung für gewöhnlich als Pflanzung oder als Aussaat.

Hierbei stehen Intensivbegrünungen sämtliche Begrünungsmethoden des bodengebundenen Garten- & Landschaftsbaus zur Verfügung. Bei Reduzierten Intensivbegrünung kann es zu möglichen Einschränkungen aufgrund des fragileren Schichtaufbaus kommen (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S40).

Für Extensivbegrünungen und reduzierte Extensivbegrünungen eignen sich laut ÖNORM L1131:2010 „*Gartengestaltung und Landschaftsbau – Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken. Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung*“ die folgenden Begrünungsmethoden (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S40):

- Ausbringung einer Normalsaat
- Ausbringung einer Spritzbegrünung bzw. Nassansaat
- Ausstreuen von Pflanzenteilen
- Pflanzung von Einzelpflanzen.

Bewertet wurde die Anzahl der verschiedenen Möglichkeiten, die zur Anwendung kommen können.

5.1.1.2.3 Subziel: Flächenwirkung (Vielfalt, Zielvegetation)

Tabelle 20: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Flächenwirkung (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
VEGETATIONSTECHNISCHE KRITERIEN						
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium	IB	RIB	EB	REB
Flächenwirkung	D1.2.3.1.	Gestalt / Vielfalt				
	D1.2.3.2.	Dauer bis zum Erreichen der Zielvegetation (abhängig von Technik, Investitionskapital, Pflanzenwahl, etc.)				

Legende:



sehr hoch bzw. kurz bis mittelfristig
hoch bzw. mittelfristig
sehr niedrig

IB Intensivbegrünung
RIB Reduzierte Intensivbegrünung
EB Extensivbegrünung
REB Reduzierte Extensivbegrünung

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Gestalt / Vielfalt **[D1.2.3.1.]**

Dieses Kriterium beurteilt die Anzahl der potenziellen Gestaltungsmöglichkeiten, die die unterschiedlichen Systemgruppen aufgrund ihrer differentiellen Bauweisen und Ausführungsformen charakterisieren.

Die Möglichkeit der Kultivierung diverser Pflanzengesellschaften zur Erreichung einer angestrebten Zielvegetation ist abhängig von der Dicke der Vegetationstragschicht bzw. des Volumens der Pflanzgefäße und dem potenziell pflanzbaren Artenspektrum.

Demzufolge ergibt sich für die unterschiedlichen Begrünungsarten die nachfolgende Beurteilung:

- Intensivbegrünung: „sehr hoch“
- Reduzierte Intensivbegrünung: „sehr hoch“
- Extensivbegrünung: „hoch“ – da Gestaltungsmöglichkeiten eingeschränkt
- Reduzierte Extensivbegrünung: „sehr niedrig“ – da Gestaltungsmöglichkeiten sehr eingeschränkt

- Dauer bis zum Erreichen der Zielvegetation (abhängig von Technik, Investitionskapital, Pflanzenwahl, etc.) [D1.2.3.2.]

In diesem Punkt wurde versucht die Dauer, die bis zur Erreichung eines vordefinierten Begrünungsziels benötigt wird, auf Systemebene zu erfassen.

Grundsätzlich entscheidet die Summe des einsetzbaren Investitionskapitals über die Wahl der Ausführungsform der Dachbegrünung, die Begrünungsverfahren, sowie über die Art und Anzahl der einsetzbaren Pflanzen. Folglich bestimmen diese Faktoren auch die Begrünungsdauer der jeweiligen Systemlösung.

Bei Vorkulturen ist eine Begrünung sofort möglich. Je nach Begrünungstechnik und Pflanzenwahl ist bei sämtlichen Begrünungstypen mit einer kurz- bis mittelfristigen Begrünungsdauer zu rechnen. Eine Ausnahme bildet die Reduzierte Extensivbegrünung mit Direktbewuchs, da das Wachstum eines Moos- und Flechtenteppichs eine mehr oder minder lange Zeit in Anspruch nimmt (Pfoser et al. 2013, S72f).

5.1.2 Bewertung der Systemgruppen zur Dachbegrünung: Ökonomische Komponenten

5.1.2.1 Kosten und Aufwände

5.1.2.1.1 Subziel: Ausführung bzw. Errichtung (Investitionsaufwand)

Tabelle 21: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Ausführung/Errichtung (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
KOSTEN UND AUFWÄNDE						
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium	IB	RIB	EB	REB
Ausführung / Errichtung	D2.1.1.1.	Investitionsaufwand (Errichtungskosten)				

Legende:



sehr gering
gering
sehr hoch

IB Intensivbegrünung
RIB Reduzierte Intensivbegrünung
EB Extensivbegrünung
REB Reduzierte Extensivbegrünung

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Investitionsaufwand (Errichtungskosten) [D2.1.1.1.]

Hinsichtlich des Investitionsaufwands wurden hier ausschließlich die Errichtungskosten einer Dachbegrünungsmaßnahme erfasst. Eine Gegenüberstellung mit den positiven Effekten/Nutzen fehlt in dieser Betrachtung. Die vorgenommene Bewertung bezieht sich lediglich auf Dachbegrünungen mit Substratschüttung.

Folglich wurde der Investitionsaufwand für Intensivbegrünungen und reduzierte Intensivbegrünungen als tendenziell „sehr hoch“ eingestuft. Bei der Anlage einer Extensivbegrünung ist mit „geringen“ Errichtungskosten zu rechnen. Reduzierte Extensivbegrünungen können bereits mit „sehr geringem“ Investitionskapital realisiert werden (Pfoser et al. 2013, S72f).

Grundsätzlich bestimmt die Ausführung einer Systemlösung deren tatsächliche Herstellungskosten. Welche Materialien werden für den Systemaufbau benötigt? In welchem Preissegment wird gearbeitet? Welches Begrünungsverfahren wird angewandt? Wie groß ist die zu begrünende Fläche?

Sollte man sich beispielsweise anstelle einer Substratschüttung doch für die Verwendung von kostenintensiveren, vorkultivierten Textilmatten oder modularen Pflanzelementen entscheiden, so steigen dadurch auch die Herstellungskosten.

Nachfolgende Tabelle (Tab. 22) adaptiert nach PFOSER et al. (2013) zeigt eine abweichende Klassifizierung, verdeutlicht jedoch den Einfluss der Begrünungstechnik auf die Herstellungskosten der unterschiedlichen Systemlösungen.

Tabelle 22: Herstellungskosten nach Pfoser et al. 2013, S64-69 (Eigene Erstellung)

Begrünungstyp und Ausführung	Herstellungskosten
Extensiv – Substratschüttung	ca. 15 – 35 €/m ²
Extensiv – Textilsysteme	ca. 45 – 60 €/m ²
Extensiv – Textil-Substrat-Systeme	ca. 55 – 70 €/m ²
Intensiv – Substratschüttung	ca. 5 €/m ² je cm Substratstärke
Intensiv – Pflanzgefäße	abhängig von Gefäß und Pflanzenwahl > 500 €/m ²
Intensiv/Extensiv – Modulare Systeme	ca. 50 – 60 €/m ²

5.1.2.1.2 Subziel: Anwachspflege (Aufwand, Bewässerung, Nährstoffversorgung)

Tabelle 23: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Anwachspflege (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
KOSTEN UND AUFWÄNDE						
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium	IB	RIB	EB	REB
Anwachspflege	D2.1.2.1.	Pflegeaufwand	1	1	1	
	D2.1.2.2.	Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)				
	D2.1.2.3.	Nährstoffversorgung	1	1		

Systemspezifische Faktoren:
(1) ... bei Vorkultur

Legende:

	sehr gering
	gering
	hoch

IB	Intensivbegrünung
RIB	Reduzierte Intensivbegrünung
EB	Extensivbegrünung
REB	Reduzierte Extensivbegrünung

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Pflegeaufwand [D2.1.2.1.]
- Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch) [D2.1.2.2.]
- Nährstoffversorgung [D2.1.2.3.]

Sämtliche Pflegemaßnahmen im Zuge der Anwuchs-, Entwicklungs- und Erhaltungspflege sind angelehnt an die ÖNORM – L1120:2016 „Gartengestaltung und Landschaftsbau – Grünflächenpflege, Grünflächenerhaltung“ und können auf die Begrünung von Dächern übertragen werden (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S41).

Für die Übernahme einer Dachbegrünung durch den/die Vertragspartner*in ist ein Pflegekonzept notwendig. Entscheidend hierbei ist der Zustand der gepflanzten Vegetation zum Zeitpunkt der Abnahme und inwieweit die vordefinierten Vegetationsziele erreicht wurden (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S41f).

Für Intensivbegrünungen und reduzierte Intensivbegrünungen sind alle Maßnahmen laut ÖNORM – L1120:2016 „Gartengestaltung und Landschaftsbau – Grünflächenpflege, Grünflächenerhaltung“ anwendbar; vorausgesetzt sie sind an den Standort und die Wachstumsstadien der Pflanzen angepasst. Regelmäßige Pflegeschritte wären beispielsweise eine kontinuierliche Bewässerung und Folgedüngung, das Entfernen von Wildwuchs, ein

regelmäßiger Flächenschnitt bzw. Gehölzrückschnitt, ein Freischneiden der Wuchsbegrenzungen (Kiesstreifen), sowie die Kontrolle der Entwässerungseinrichtungen. In Ausnahmefällen ist die Ausbringung einer Nachsaat bzw. Nachpflanzungen notwendig (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S41).

In der Anwuchsphase benötigen für gewöhnlich auch Extensivbegrünungen eine Zusatzbewässerung, sowie die Zufuhr eines NPK-Langzeitdüngers um die Pflanzen mit ausreichend Nährstoffen zu versorgen. Unter Umständen ist ebenfalls ein Entfernen von aufkeimendem Wildwuchs und die Ausbringung einer Nachsaat notwendig. Wie auch bei (Reduzierten) Intensivbegrünungen ist auf die Funktionstauglichkeit der Entwässerungseinrichtungen zu achten (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S41f).

Reduzierte Extensivbegrünungen bestehen hauptsächlich aus Sedum-Moos-Gesellschaften (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S7). Diese sind von Natur aus an extreme Standortbedingungen angepasst und zeichnen sich durch einen geringen Pflegeaufwand aus.

Wenn für die Begrünung vorkultivierte Vegetationsmatten oder Fertig-Gründachelemente verwendet werden, vermindert dies bei allen Systemgruppen den Pflegeaufwand in der Anwuchspflege. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 27.7.2018)

5.1.2.1.3 Subziel: *Entwicklungspflege (Aufwand, Bewässerung, Nährstoffversorgung)*

Tabelle 24: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Entwicklungspflege (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
KOSTEN UND AUFWÄNDE			IB	RIB	EB	REB
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium				
Entwicklungs- pflege	D2.1.3.1.	Pflegeaufwand	1	1	1	
	D2.1.3.2.	Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)				
	D2.1.3.3.	Nährstoffversorgung	1	1		

Systemspezifische Faktoren:
(1) ... bei Vorkultur

Legende:

	sehr gering
	gering
	hoch

IB	Intensivbegrünung
RIB	Reduzierte Intensivbegrünung
EB	Extensivbegrünung
REB	Reduzierte Extensivbegrünung

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Pflegeaufwand **[D2.1.3.1.]**
- Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch) **[D2.1.3.2.]**
- Nährstoffversorgung **[D2.1.3.3.]**

Sämtliche Entwicklungspflegearbeiten decken sich zum größten Teil mit denen der Anwuchspflege. Durch die etwaige Nutzung von Vorkulturen vermindert sich ebenfalls der Umfang der Pflegemaßnahmen. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 27.7.2018)

Bei (reduzierten) Extensivbegrünungen kann durch die Verwendung von standortangepasstem Pflanzmaterial auf eine zusätzliche Bewässerung verzichtet werden.

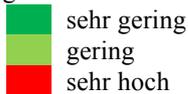
Die Vertragsübernahme kann bei Intensivbegrünungen und Reduzierten Intensivbegrünungen erfolgen, sobald das vereinbarte Pflegeziel erreicht wurde. Extensivbegrünungen und reduzierte Extensivbegrünungen gelten als übergabebereit, wenn Ansaaten einen Deckungsgrad von min. 60 % (nach der Anwuchspflege) bzw. min. 75 % (nach der Entwicklungspflege) aufweisen. Die fest verwurzelten Pflanzen müssen mindestens eine Vegetationsperiode überdauern und sollten ein gesundes Erscheinungsbild und arttypisches Wachstum aufweisen (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S42).

5.1.2.1.4 Subziel: Erhaltungspflege (Aufwand, Bewässerung, Nährstoffversorgung)

Tabelle 25: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Erhaltungspflege (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
KOSTEN UND AUFWÄNDE						
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium	IB	RIB	EB	REB
Erhaltungspflege	D2.1.4.1.	Pflegeaufwand				
	D2.1.4.2.	Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)				
	D2.1.4.3.	Nährstoffversorgung				

Legende:



IB Intensivbegrünung
RIB Reduzierte Intensivbegrünung
EB Extensivbegrünung
REB Reduzierte Extensivbegrünung

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Pflegeaufwand [D2.1.4.1.]
- Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch) [D2.1.4.2.]
- Nährstoffversorgung [D2.1.4.3.]

Hierbei handelt es sich um fortlaufende Pflegemaßnahmen, die nach der Fertigstellung des Gründaches längerfristig getätigt werden müssen.

Bei Intensivbegrünungen kann der Pflegeaufwand als hoch eingestuft werden. Die wachsende Vegetation ist auf eine bedarfsgerechte künstliche Zusatzbewässerung und Nährstoffzufuhr angewiesen. Regelmäßige Pflegearbeiten auf Pflanz- und Rasenflächen, sowie eine fortlaufende Baumpflege sind notwendig (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S7, S43).

Reduzierte Intensivbegrünungen sind weniger pflegeintensiv. Die angesetzten Blühpflanzen, Stauden und Kleingehölze benötigen fallweise eine zusätzliche Bewässerung und Düngerzugabe (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S7).

Extensivbegrünungen sind für gewöhnlich nicht auf eine künstliche Bewässerung angewiesen, da die hierbei verwendeten Pflanzen einen geringeren Wasserbedarf haben. Gegebenenfalls ist eine zusätzliche Düngung erforderlich. Die niederwüchsigen Pflanzengesellschaften sind weitgehend selbsterhaltend und besitzen eine hoher Regenerationsfähigkeit. Ein bis zwei

Kontrollgänge pro Jahr sind notwendig um an etwaigen Kahlstellen nachzusähen bzw. nachzupflanzen und unerwünschten Wildwuchs zu entfernen (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S7, S43f).

Die bei reduzierten Extensivbegrünungen verwendeten Moos- und Sedumarten sind generell an Extremstandorte angepasst. Dahingehend beschränkt sich die Erhaltungspflege bei diesen Systemlösungen auf ein Minimum. Ein bis zwei Kontrollgänge pro Jahr sind dennoch obligatorisch (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S8, S43).

Darüber hinaus muss laut ÖNORM – L1130:2010 *„Gartengestaltung und Landschaftsbau – Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken. Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung“* bei allen Systemlösungen eine regelmäßige Inspizierung der Dachabläufe und Kontrollschächte zur Gewährleistung einer funktionstüchtigen Be- und/oder Entwässerung erfolgen, sowie periodische Kontrollen um Verunreinigungen und Einwurzelungen entgegenzuwirken (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S43).

5.1.2.1.5 Subziel: Wartung und Instandhaltung technischer Bestandteile

Tabelle 26: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Wartung & Instandhaltung technischer Bestandteile (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
KOSTEN UND AUFWÄNDE			IB	RIB	EB	REB
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium				
Wartung & Instandhaltung technischer Bestandteile	D2.1.5.1.	Wartungs- & Instandhaltungsaufwand	hoch	gering	gering	gering

Legende:



IB Intensivbegrünung
 RIB Reduzierte Intensivbegrünung
 EB Extensivbegrünung
 REB Reduzierte Extensivbegrünung

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Wartungs- und Instandhaltungsaufwand [D2.1.5.1.]

Die kontinuierliche Wartung und Kontrolle der technischen Einrichtungen ist bei allen Systemlösungen notwendig. Dazu zählen beispielsweise Instandhaltungsarbeiten bei Abläufen, Pumpen oder etwaigen Bewässerungseinrichtungen. Außerdem muss eine regelmäßige Überprüfung der Standfestigkeit von Einfassungen und von sonstigen technischen Bauelementen erfolgen (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S43).

Grundsätzlich gilt: Je komplexer der Systemaufbau einer Dachbegrünungsmaßnahme, desto höher ist der damit verbundene Wartungs- und Instandhaltungsaufwand.

Dieser wurde für Intensivbegrünungen als „hoch“ eingestuft. Bei allen übrigen Dachbegrünungsarten ist mit einem „geringen bis mittleren“ Wartungs- und Instandhaltungsaufwand zu rechnen.

5.1.2.2 Dauerhaftigkeit

5.1.2.2.1 Subziel: Schutz der Bausubstanz (Physischer Materialschutz)

Tabelle 27: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Schutz der Bausubstanz (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
DAUERHAFTIGKEIT						
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium	IB	RIB	EB	REB
Schutz der Bausubstanz	D2.2.1.1.	Schutz der Dachhaut durch physischen Materialschutz				

Legende:

uneingeschränkt gewährleistet
 teilweise gewährleistet

IB Intensivbegrünung
RIB Reduzierte Intensivbegrünung
EB Extensivbegrünung
REB Reduzierte Extensivbegrünung

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Schutz der Dachhaut durch physischen Materialschutz **[D2.2.1.1.]**

In Abhängigkeit von der Begrünungsart und der Bauweise kann eine Dachbegrünung bei ordnungsgemäßer Ausführung den Lebenszyklus eines Daches/Gebäudes signifikant verlängern. Die Vegetationstragschicht und die darauf kultivierten Pflanzen bieten Schutz vor intensiver UV-Strahlung und vor mechanischen Schäden, verursacht beispielsweise durch niederprasselnde Hagelkörner (Stadt Wien s.a., S17).

Hinsichtlich der Schutzfunktion einer Dachbegrünung entscheidet die Gesamtdicke des Schichtaufbaus und die Vegetationsdichte über deren Effektivität.

Demzufolge leisten (reduzierten) Intensivbegrünungen einen höheren Beitrag zum Schutz der Bausubstanz als (reduzierte) Extensivbegrünungen.

5.1.2.3 Energetische Relevanz

5.1.2.3.1 Subziel: Dämmfunktion (Wärmeverlust, -eindringung)

Tabelle 28: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Dämmfunktion (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
ENERGETISCHE RELEVANZ						
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium	IB	RIB	EB	REB
Dämmfunktion	D2.3.1.1.	Reduktion Wärmeverlust (Wärmepufferwirkung)				
	D2.3.1.2.	Kühlung des Daches / Schutz vor Wärmeeindringung				

Legende:



sehr hoch
hoch

IB Intensivbegrünung
RIB Reduzierte Intensivbegrünung
EB Extensivbegrünung
REB Reduzierte Extensivbegrünung

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Reduktion Wärmeverlust (Wärmepufferwirkung) [D2.3.1.1.]
- Kühlung des Daches / Schutz vor Wärmeeindringung [D2.3.1.2.]

Dachbegrünungen haben das Potenzial ein Aufheizen bzw. Abkühlen des Daches um bis zu 40 % zu reduzieren, da es aufgrund der Wärmepufferwirkung des Dachbegrünungsaufbaus und der Transpirationsleistung der Pflanzen zu weniger Temperaturschwankungen kommt. Dies hat einerseits einen positiven Effekt auf die Lebensdauer des Daches (Schutzfunktion) und andererseits einen wichtigen Einfluss auf die Energieeffizienz des Gebäudes („die umweltberatung“ 2009, S10).

Dachbegrünungen besitzen somit eine ganzjährige energetische Relevanz. Im Winter können durch die Dämmfunktion des Schichtaufbaus Heizkosten eingespart werden. Im Sommer wiederum heizen sich die Flächen unterhalb des Dachbegrünungsaufbaus weniger stark auf. Dadurch werden die Kosten für die Gebäudekühlung vermindert und ein angenehmes Raumklima gefördert („die umweltberatung“ 2009, S11f).

Die Dämmleistung eines Dachbegrünungsaufbaus kann mithilfe des Wärmedurchgangskoeffizienten ermittelt werden. In Abhängigkeit von der Aufbauhöhe und der Substratzusammensetzung können innerhalb einer Systemgruppen große Schwankungen auftreten (Pfoser et al. 2013, S105).

Grundsätzlich haben (reduzierte) Intensivbegrünungen einen dickeren Schichtaufbau und weisen eine potenziell größere Pflanzendichte und Pflanzenvielfalt auf. Sie können hinsichtlich ihrer Dämmleistung als effektiver eingestuft werden als (reduzierte) Extensivbegrünungen.

5.1.3 Bewertung der Systemgruppen zur Dachbegrünung: Ökologische und soziale Komponenten

5.1.3.1 Stadtökologie – Flora und Fauna

5.1.3.1.1 Subziel: Habitatschaffung und Biodiversität

Tabelle 29: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Habitatschaffung und Biodiversität (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
FLORA UND FAUNA						
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium	IB	RIB	EB	REB
Habitatschaffung und Biodiversität	D3.1.1.1.	Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen und Grünkorridoren			2	2
	D3.1.1.2.	Artenvielfalt (Flora)			3	3
	D3.1.1.3.	Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorengegangene Areale				

Systemspezifische Faktoren:

- (2) ... Bereitstellung potenzieller Habitats für Spezialisten
- (3) ... bei Ausführung als artenreiche Wiesengesellschaft

Legende:

	sehr hohes Potenzial
	hohes Potenzial
	geringes Potenzial

IB	Intensivbegrünung
RIB	Reduzierte Intensivbegrünung
EB	Extensivbegrünung
REB	Reduzierte Extensivbegrünung

Je nach Ausführungsform können Grüne Dächer aufgrund ihres ökologischen Mehrwerts einen wichtigen Beitrag zum Schutz unserer Umwelt leisten. Die Fragmentierung der Lebensräume in der Stadt birgt eine Chance zur Erhöhung der urbanen Biodiversität. Dachbegrünungen können insofern dazu beitragen, dass durch sie Habitats geschaffen werden, die unterschiedlichen Arten als Lebensraum dienen. Pflanzen nutzen sie als Wuchsstandort, Tieren, v. a. Vögel und Insekten, dienen sie als Lebensraum und Nahrungsquelle, sowie als Brut- bzw. Niststätte. (Pfoser et al. 2013, S158f).

Grüne Dächer können für Rote Liste-Arten (Fauna) als Trittsteinbiotope fungieren und ermöglichen die Schaffung von Grünkorridoren zur Vernetzung von Grünflächen. Durch die vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten von Dachbegrünungen entstehen heterogene Lebensräume, wodurch Habitats bereitgestellt, und die Biodiversität gefördert wird. So können beispielsweise auch Extensivbegrünungen bei entsprechender Kultivierung Extremstandorte

darstellen, die besonders von Spezialisten als Lebensraum geschätzt werden (Stadt Wien s.a., S17ff).

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen und Grünkorridoren **[D3.1.1.1.]**
- Artenvielfalt (Flora) **[D3.1.1.2.]**

Artenreiche Pflanzengesellschaften und die abgegrenzte Lage des Daches fördern die Artenvielfalt in der Stadt. Der der Bewertung zugrundeliegende Entscheidungsfaktor ist die Stärke der Vegetationstragschicht. Dickere Substratschichten erlauben die Pflanzung von mehreren und unterschiedlicheren Pflanzentypen bzw. -gesellschaften. Damit verbunden ist ein höheres Floren- und Vegetationsspektrum. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 27.7.2018)

Bei einer Bewertung der Systemgruppen drängt sich jedoch die Frage auf, welche Tiere und Pflanzen (Wildwuchs) als Indikatoren herangezogen werden.

Hierfür wurden systemspezifische Faktoren formuliert.

Bezüglich der Bereitstellung von Habitaten könnten auch (reduzierte) Extensivbegrünungen für Spezialisten ein hohes Potenzial bieten. In Abhängigkeit von der Ausführung (Biodiversitätsdach mit vielfältigen Strukturelementen, Trockenrasengesellschaften, usw.) können somit sämtliche Systemlösungen ein „hohes“ bzw. „sehr hohes“ Potenzial aufweisen. Eine Dachbegrünung in Form einer extensiven Wiesengesellschaft ist beispielsweise artenreicher als eine Intensivbegrünung mit artenarmen Rasengesellschaften. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 27.7.2018)

- Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorengegangene Areale **[D3.1.1.3.]**

Dachbegrünungen besitzen einen hohen ökologischen Wert und können als spezielle Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorengegangene Areale verwendet werden (Stadt Wien s.a., S18).

Für eine Bewertung entscheidend sind die planerischen Ziele, die mit der Schaffung einer Ausgleichsfläche verfolgt werden. Soll das Gründach lediglich als „ergänzendes Grün“ zur Aufwertung des Landschaftsbildes dienen? Möchte man damit Lebensraum für eine spezielle Art schaffen? Oder soll durch die Bereitstellung von Habitaten die generelle Artenvielfalt gefördert werden? Demgemäß können alle Dachbegrünungsarten als Ausgleichsflächen fungieren, aber je nach Zieldefinition besitzen diese ein unterschiedlich hohes Potenzial.

Die Bewertung folgte der Annahme, dass Intensivbegrünung die meisten potenziellen (Aus-) Gestaltungsmöglichkeiten bieten, weshalb für diese ein „sehr hohes“ Potenzial zur Schaffung von Ausgleichsflächen angenommen wurde. Diesbezüglich wurde für die übrigen Systemgruppen ein „hohes Potenzial“ vermutet.

5.1.3.2 Mikroklima

5.1.3.2.1 Subziel: Verdunstung und Verdunstungskälte (Hitzereduktion, Beschattung, Niederschlagspeicherung)

Tabelle 30: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Verdunstung/Verdunstungskälte (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
MIKROKLIMA						
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium	IB	RIB	EB	REB
Verdunstung bzw. Verdunstungskälte	D3.2.1.1.	Hitzereduktion durch versickerungsfähige Oberflächen				
	D3.2.1.2.	Hitzereduktion durch Beschattung und Transpiration der Pflanzen				
	D3.2.1.3.	Erhöhte Verdunstungsrate durch Speicherung von Niederschlagswasser				

Legende:

	sehr hohes Potenzial
	hohes Potenzial
	geringes Potenzial
	sehr geringes Potenzial

IB	Intensivbegrünung
RIB	Reduzierte Intensivbegrünung
EB	Extensivbegrünung
REB	Reduzierte Extensivbegrünung

Dachbegrünungen leisten einen wichtigen Beitrag zur Verminderung von urbanen Hitzeinseln. Dieser Urban Heat Island-Effekt wird begünstigt durch die in Städten vorherrschenden klimatischen Spezifika. Verstärkt wird dieser Effekt durch den hohen Versiegelungsgrad in urbanen Räumen, da die Oberflächen in bebauten Gebieten die Wärmestrahlung absorbieren (Stadt Wien s.a., S13).

Im Kontext des Klimawandels ist aufgrund der ansteigenden Temperaturen mit einer Häufung von jährlichen Hitzetagen (Tagesmaximaltemperaturen von min. 30 °C) auszugehen. Damit verbunden sind negative Folgen für unsere Gesundheit und erhöhte Mortalitätsraten. Gebäudebegrünungen können aufgrund der kühlenden Wirkung von Pflanzen diesen Effekt mindern (Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22 2015, S6).

In der Vegetationstragschicht eines Dachbegrünungsaufbaus kann im Gegensatz zu versiegelten Flächen Wasser gespeichert werden. Dieses steht Pflanzen zur Verdunstung (Transpiration, Evaporation) zur Verfügung, wodurch ein Kühlungseffekt eintritt. Des Weiteren bewirkt die gepflanzte Vegetation eine Beschattung des Daches, womit ebenfalls eine Temperaturreduktion einhergeht. Durch die Verdunstungsleistung der Pflanzen steigt außerdem die Luftfeuchte in der unmittelbaren Umgebung. Dachbegrünungen erhöhen somit den thermischen Komfort angrenzender Räume (Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22 2015,

S61f). Dieser positive mikroklimatische Effekt ist abhängig vom Klima, der Gebäudehöhe, der Dicke des Schichtaufbaus, sowie von der technischen Ausführung und den verwendeten Materialien (Stadt Wien s.a., S14).

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Hitzereduktion durch versickerungsfähige Oberflächen **[D3.2.1.1.]**
- Hitzereduktion durch Beschattung und Transpiration der Pflanzen **[D3.2.1.2.]**
- Erhöhte Verdunstungsrate durch Speicherung von Niederschlagswasser **[D3.2.1.3.]**

Die Bewertung erfolgte nach der Grundannahme, dass bei gleichen klimatischen und räumlichen Gegebenheiten und einem identen Begrünungsverfahren, die Dicke des Schichtaufbaus und die potenziell darauf wachsende Biomasse entscheidend sind für das Ausmaß der Temperaturreduktion.

Faktisch entscheidet das angewandte Begrünungsverfahren über die Dauer bis zum Eintritt dieses Effekts. Bei Vorkulturen können die positiven mikroklimatischen Auswirkungen einer Dachbegrünung sofort einsetzen, wobei immer der Deckungsgrad und die Wuchsgeschwindigkeit der verwendeten Pflanzentypen über das Ausmaß der Temperaturreduktion bestimmen.

Demzufolge wurde das Verdunstungs- bzw. Hitzereduktionspotenzial für Intensivbegrünungen als „sehr hoch“ und für reduzierte Intensivbegrünungen als „hoch“ eingestuft. Extensivbegrünungen haben ein „geringes“, reduzierte Extensivbegrünungen ein „sehr geringes“ Potenzial.

5.1.3.2.2 Subziel: Schadstoffbindung und O₂ Produktion (CO₂, Feinstaub)

Tabelle 31: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Schadstoffbindung und O₂ Produktion (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
MIKROKLIMA						
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium	IB	RIB	EB	REB
Schadstoff- bindung und O ₂ Produktion	D3.2.2.1.	CO ₂ Bindung durch Vegetation				
	D3.2.2.2.	Potenzial für Feinstaubbindung				
	D3.2.2.3.	CO ₂ Einsparung durch Schaffung von Freiräumen vor Ort "Stadt der kurzen Wege"				

Legende:

	sehr hohes Potenzial	IB	Intensivbegrünung
	hohes Potenzial	RIB	Reduzierte Intensivbegrünung
	geringes Potenzial	EB	Extensivbegrünung
	sehr geringes Potenzial	REB	Reduzierte Extensivbegrünung

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- CO₂ Bindung durch Vegetation **[D3.2.2.1.]**
- Potenzial für Feinstaubbindung **[D3.2.2.2.]**

Auf den Blattoberflächen der Pflanzen sammeln sich Feinstaubpartikel, die durch Niederschläge in die Vegetationstragschicht des Dachbegrünungsaufbaus eingewaschen werden. Durch ein „Herausfiltern“ von Schadstoffen und die Bindung von CO₂ im Zuge der Photosynthese können Gründächer dazu beitragen die Luftqualität in den Städten zu verbessern („die umweltberatung“ 2009, S12).

Allgemeingültige Aussagen zu den Systemgruppen lassen sich nur schwer treffen, da stets die Phase des Gründachs über das Schadstoffbindungs- bzw. Sauerstoffproduktionspotenzial einer konkreten Systemlösung entscheidet. Wurde das Begrünungsziel bereits erreicht und leistet die Vegetation ihre Höchstleistung? Oder befinden sich die Pflanzen noch in ihrer Anwuchsphase und es muss mit niedrigeren Raten gerechnet werden?

Die Bewertung erfolgte anhand der potenziellen Biomasse, ist aber auch von der Lage des Gebäudes, der Pflanzenart, sowie von den Windverhältnissen vor Ort abhängig. Insofern entscheidet die räumliche Situation über das Ausmaß der Schadstoffbindung und die Sauerstoffproduktion der Pflanzen. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 27.7.2018)

- CO₂ Einsparung durch Schaffung von Freiräumen vor Ort / "Stadt der kurzen Wege"
[D3.2.2.3.]

Ob private Dachgärten, kollektive Gemeinschaftsdachgärten, Sportanlagen auf Schulen oder Tiefgaragenbegrünungen, die als öffentliche Parks genutzt werden – Dachbegrünungen finden ein breites Anwendungsfeld. Sie fungieren als Freizeit- und Naherholungsstätten und können aus stadt- und umweltplanerischer Sicht dabei helfen, den motorisierten Individualverkehr und den damit verbundenen CO₂-Ausstoß zu reduzieren und Ressourcen zu schonen (Stadt Wien s.a., S12-14).

Das der Bewertung zugrundeliegende Entscheidungskriterium ist die Nutzbarkeit der Dachflächen.

Intensivbegrünungen und reduzierte Intensivbegrünung eignen sich für eine dauerhafte Betretung zur Erholung und Alltagsnutzung. Extensivbegrünungen und reduzierte Extensivbegrünungen hingegen dürfen nur für Wartungs- und Kontrollarbeiten betreten werden (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S7).

5.1.3.3 Regenwassermanagement

5.1.3.3.1 Subziel: Rückhalt, Speicherung und Verdunstung von H₂O (Abfluss, Rückhalt)

Tabelle 32: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Rückhalt, Speicherung, Verdunstung von H₂O (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
REGENWASSERMANAGEMENT						
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium	IB	RIB	EB	REB
Rückhalt, Speicherung, Verdunstung von H ₂ O	D3.3.1.1.	Minimierung von Abflussmengen und Abflussspitzen (Entlastung des Kanalsystems)				
	D3.3.1.2.	Wasserrückhalt / Abflussverzögerung				

Legende:

	sehr hohes Potenzial	IB	Intensivbegrünung
	hohes Potenzial	RIB	Reduzierte Intensivbegrünung
	geringes Potenzial	EB	Extensivbegrünung
	sehr geringes Potenzial	REB	Reduzierte Extensivbegrünung

Durch die versickerungsfähige Oberfläche eines Dachbegrünungsaufbaus kann Niederschlagswasser zurückgehalten werden. Dadurch wird die Abflussmenge vermindert und das Wasser kontinuierlich abgeleitet, wodurch das Kanalsystem einer Stadt entlastet wird. Dies ist insbesondere bei Starkregenereignissen von Bedeutung („die umweltberatung“ 2009, S7f). Damit verbunden sind Kosteneinsparungen für die Gemeinden und geringere Abwassergebühren für die Gebäudeeigentümer. Darüber hinaus steht das im Schichtaufbau gespeicherte Niederschlagswasser den Pflanzen zur Verdunstung zur Verfügung (Pfoser et al. 2013, S151-154).

Als Nebeneffekt kann durch die Filterung des Schichtaufbaus Wasser gereinigt werden. Ein Musterbeispiel dieser Funktionsweise wäre eine Dachbegrünung mit Sumpfpflanzen, welche als Pflanzenkläranlage fungiert. Durch die Reinigung von Niederschlags- und Grauwasser kann dieses aufbereitet und wiederverwendet werden (z.B. F. Jud Architektur AG - Projekt EFH „AQUA“, wohnwagon.at, etc.).

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Minimierung von Abflussmengen und Abflussspitzen (Entlastung des Kanalsystems) **[D3.3.1.1.]**
- Wasserrückhalt bzw. Abflussverzögerung **[D3.3.1.2.]**

Der Wasserrückhalt und die damit verbundene Abflussverzögerung einer Systemlösung ist abhängig von der Aufbauhöhe der Substratschicht. Dies gilt grundsätzlich für alle Arten von Dachbegrünungen, jedoch entscheidet bei gleichen lokalen Niederschlagsverhältnissen ebenso die Aufbauart bzw. Ausführung über das Wasserrückhaltepotenzial. Die Leistung einer spezifischen Systemlösung wird somit neben der Aufbauhöhe auch von den verwendeten Materialien (Substratkomponenten, Speicherplatten, Filtervlies, etc.) bestimmt (Stadt Wien, s.a., S15).

5.1.3.4 Menschliches Wohlbefinden

5.1.3.4.1 Subziel: Lärmschutz (Schalleintrag, Reduktion)

Tabelle 33: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Lärmschutz (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
MENSCHLICHES WOHLBEFINDEN						
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium	IB	RIB	EB	REB
Lärmschutz	D3.4.1.1.	Reduktion des Schalleintrags in Gebäude				
	D3.4.1.2.	Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung				

Legende:



sehr hohes Potenzial
geringes Potenzial

IB Intensivbegrünung
RIB Reduzierte Intensivbegrünung
EB Extensivbegrünung
REB Reduzierte Extensivbegrünung

Als „Lärm“ gelten für gemeinhin störende, gefährdende und gesundheitsschädigende Schallwirkungen, denen die Menschen ausgesetzt sind. Aus medizinischer Sicht hat dieser, je nach Lautstärke und Expositionszeit, negative Auswirkungen auf unsere Gesundheit. Lärm begünstigt Schlafstörungen, Kreislauferkrankungen, hormonelle Störungen des Stoffwechsels und des Immunsystems, eine Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit, usw. (Ferk et al. 2012, S12-14).

In ÖNORM B 8115-5:2012 „Schallschutz und Raumakustik im Hochbau – Teil 5: Klassifizierung“ wurden für einzelne Gebäudeteile bzw. das gesamte Gebäude Schallschutzklassen mit Dezibel-Grenzwerten festgelegt. Dadurch soll mittels Messung bzw. Berechnung die Einhaltung von Mindeststandards gewährleistet werden (Austrian Standards Institute 2012: ÖNORM B 8115-5). Des Weiteren finden sich in den Verordnungen des Bundes und der Länder Schwellenwerte hinsichtlich des Verkehrslärms und des von gewerblichen Betriebsanlagen ausgehenden Umgebungslärms. Für Gewerbelärm werden die Grenzen der Zumutbarkeit anlassbezogen, entsprechend des durch die Veränderung erwartbaren Zustandes, ermittelt und müssen behördlich genehmigt werden (vgl. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft 2017, S42ff). Darüber hinaus wurden in ÖNORM S 5021:2010 „Schalltechnische Grundlagen für die örtliche und überörtliche Raumplanung und Raumordnung“ Planungsrichtwerte für unterschiedliche Gebietskategorien des Flächenwidmungsplans definiert (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM S 5021). Diese Richtwerte sind in Tabelle 34 ersichtlich.

Tabelle 34: Planungsrichtwerte für den Schallschutz nach ÖNORM S 5021:2010 (Eigene Erstellung)

Kategorie	Standplatz	Dezibelpegel (dB)	
		Tag	Nacht
Bauland			
1	Ruhegebiet, Kurgebiet	45	35
2	Wohngebiet in Vororten, Wochenendhausgebiet, ländliches Wohngebiet	50	40
3	Städtisches Wohngebiet, Gebiet für Bauten land- & forstwirtschaftlicher Betriebe mit Wohnungen	55	45
4	Kerngebiet (Büros, Geschäfte, Handel, Verwaltungsgebäude ohne wesentlicher störender Schallemission, Wohnungen, Krankenhäuser), Gebiet für Betriebe ohne Schallemission	60	50
5	Gebiet für Betriebe mit gewerblichen und industriellen Gütererzeugungs- und Dienstleistungsstätten	65	55
6	Gebiet mit besonders großer Schallemission (z. B. Industriegebiet)	Kein Ruheanspruch, daher keine Richtwerte festgelegt bzw. anlassbezogene Ermittlung	
Grünland			
1	Kurbezirk	45	35
2	Parkanlagen, Naherholungsgebiet	50	40

Grüne Dächer besitzen das Potenzial, durch Absorption den Schalleintrag in ein Gebäude zu mindern. Gleichzeitig haben sie eine lärmreduzierende Wirkung auf die unmittelbare Umgebung, da der Geräuschaustritt aus einem Raum durch den Schichtaufbau und die Vegetation gedämpft wird. Dies ist insbesondere für die Begrünung von Dächern bei Industrie- und Betriebsanlagen mit hoher Lärmentwicklung relevant (Stadt Wien s.a., S16). Dachbegrünungen haben somit einen positiven Effekt auf die menschliche Gesundheit und können zu einer Steigerung der Lebensqualität beitragen.

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Reduktion des Schalleintrags in Gebäude [D3.4.1.1.]
- Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung [D3.4.1.2.]

Die Bewertung auf Systemebene erfolgte in Hinblick auf den Schichtaufbau, wobei die Substratzusammensetzung über die Absorptionsleistung einer Systemlösung entscheidet. Die Blattmasse der potenziell wachsenden Vegetation wiederum bestimmt über die Außen- und Binnenreflektion (Streuung) der Schallwellen, wodurch ebenfalls eine Schallminderung eintritt (Pfoser et al. 2013, S155ff).

Dementsprechend wurde für Intensivbegrünungen und reduzierte Intensivbegrünungen ein „sehr hohes“ Potenzial angenommen, da hierfür ein dickerer Schichtaufbau benötigt wird und eine Bepflanzung mit krautigen Pflanzen möglich ist. (Reduzierte) Extensivbegrünungen besitzen lediglich ein „geringes“ Potenzial vor Außenlärm zu schützen und die Schallemissionen aus einem Gebäude zu mindern.

5.1.3.4.2 Subziel: Soziale Interaktionen

Tabelle 35: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Soziale Interaktion (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
MENSCHLICHES WOHLBEFINDEN						
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium	IB	RIB	EB	REB
Soziale Interaktionen	D3.4.2.1.	Potenzielle Freiräume für unterschiedliche Nutzer*innengruppen				

Legende:

- sehr hohes Potenzial
- hohes Potenzial
- kein Potenzial vorhanden

- IB Intensivbegrünung
- RIB Reduzierte Intensivbegrünung
- EB Extensivbegrünung
- REB Reduzierte Extensivbegrünung

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Potenzielle Freiräume für unterschiedliche Nutzer*innengruppen **[D3.4.2.1.]**

In diesem Bewertungsschritt wurde versucht den sozialen Aspekt von Dachbegrünungen zu erfassen. Vor allem in ihrer Funktion als öffentliche Freiräume können Grüne Dächer als Orte der Interaktion fungieren und unterschiedlichen Nutzer*Innengruppen ein Zusammentreffen ermöglichen (Stadt Wien s.a., S12).

Der für eine Evaluierung bestimmende Faktor ist die Benutzbarkeit, also die Möglichkeit zur Begehbarkeit des Dachbegrünungsaufbaus. Dementsprechend können ausschließlich Intensivbegrünungen und reduzierte Intensivbegrünungen als potenzielle Freiräume genutzt werden.

5.1.3.5 Mehrfachnutzung der Dachflächen

5.1.3.5.1 Subziel: Erneuerbare Energie (PV-Gründach)

Tabelle 36: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Erneuerbare Energie (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
MEHRFACHNUTZUNG DER DACHFLÄCHEN						
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium	IB	RIB	EB	REB
Erneuerbare Energie	D3.5.1.1.	Kombination Dachbegrünung mit Photovoltaik - Steigerung des Energieertrags durch Kühlwirkung				

Legende:

	sehr hohes Potenzial
	hohes Potenzial
	geringes Potenzial
	sehr geringes Potenzial

IB	Intensivbegrünung
RIB	Reduzierte Intensivbegrünung
EB	Extensivbegrünung
REB	Reduzierte Extensivbegrünung

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Kombination Dachbegrünung mit Photovoltaik - Steigerung des Energieertrags durch Kühlwirkung [D3.5.1.1.]

Grüne Dächer besitzen das Potenzial zur Förderung von erneuerbarer Energie durch die kombinierte Nutzung mit Photovoltaikanlagen. Die Wechselwirkung von Dachbegrünungen und Solaranlagen entsteht durch die Verdunstungsleistung der Vegetation und die damit einhergehende Kühlwirkung („die umweltberatung“ 2009, S16). Solarthermie- bzw. Photovoltaikanlagen arbeiten dadurch effektiver und haben einen längeren Lebenszyklus. Dieser Effekt ist abhängig von der Biomasse und den Verdunstungsraten der Pflanzengesellschaften. Eine etwaige Beschattung durch die wachsende Vegetation kann sich jedoch negativ auf die Energieerträge auswirken. Darüber hinaus ist bei der Errichtung eines Gründachs in Kombination mit der Installation von Photovoltaikanlagen mit einem erhöhten Planungsaufwand zu rechnen. So bedarf es beispielsweise einem zusätzlichen Unterbau für die PV-Anlagen samt Wuchsbegrenzungen (Stadt Wien s.a., S64f).

Als relevante Bewertungsfaktoren wurden die Tragfähigkeit des Dachbegrünungsaufbaus, sowie die Stärke der Vegetationstragschicht und die potenziell darauf wachsenden Pflanzengesellschaften angenommen. Der Aspekt der Beschattung und Pflege wurde vernachlässigt. Die Bewertung folgte der Prämisse: „Mehr Biomasse erzeugt mehr Verdunstungskälte, wodurch die Energieumwandlung von PV-Anlagen erhöht wird.“ (reduzierte) Intensivbegrünungen „arbeiten“ dahingehend effektiver, mit ihnen ist aber auch ein erhöhter Pflegeaufwand aufgrund der Verschattung verbunden. Die niederwüchsige Vegetation

von Extensivbegrünungen bewirkt zwar einen geringeren Kühlungseffekt, zusätzliche Pflegearbeiten können aber vermieden werden. Nichtsdestotrotz kommt es zu einer Steigerung des Energieertrags. Aus wirtschaftlicher Sicht sind Extensivbegrünungen gut mit Solaranlagen kombinierbar. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 27.7.2018)

5.1.3.5.2 Subziel: Urban Farming (Möglichkeit zur Nahrungsmittelproduktion)

Tabelle 37: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Urban Farming bzw. Lebensmittelproduktion (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
MEHRFACHNUTZUNG DER DACHFLÄCHEN						
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium	IB	RIB	EB	REB
Urban Farming bzw. Lebensmittelproduktion	D3.5.2.1.	Möglichkeit der Nahrungsmittelproduktion				

Legende:

	sehr hohes Potenzial	IB	Intensivbegrünung
	hohes Potenzial (indirekt)	RIB	Reduzierte Intensivbegrünung
	sehr geringes Potenzial (indirekt)	EB	Extensivbegrünung
		REB	Reduzierte Extensivbegrünung

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Möglichkeit der Nahrungsmittelproduktion [D3.5.2.1.]

Dachbegrünungen bieten die Möglichkeit zur Lebensmittelproduktion vor Ort. Aktuell findet man unterschiedlichste Formen von gebäudegebundener Landwirtschaft, seien es private Dachgemüseärten oder kommerziell genutzte Stadtfarmen. Die Möglichkeit zum urbanen Obst- und Gemüsebau, auch in Kombination mit Aquaponik-Anlagen zur Fischzucht, erlaubt es regional Nahrungsmittel zu produzieren und durch kurze Vertriebswege CO₂ einzusparen (Peritsch 2017, S81ff).

Grundbedingungen für die Nutzung des Dachbegrünungsaufbaus zur primären Produktion sind die statischen Voraussetzungen des Daches und dessen Exposition. Bei der Planung müssen neben der Wahl einer geeigneten Systemlösung und des Anbauverfahrens, auch zusätzliche Komponenten für die Kultivierung von Nutzpflanzen, beispielsweise Bauteile für ein Gewächshaus, berücksichtigt werden (Stadt Wien s.a., S20). Das Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung veröffentlichte einen Leitfaden für die praktische Umsetzung von Dachgewächshäusern. Darin verweisen die Autor*innen auf das Potenzial zur Ressourcenschonung, welches durch die Wechselwirkung von Gebäuden und Dachgewächshäusern vorhanden ist. Durch die Nutzung von Stoffkreisläufen (Wasser, Energie, organischen Abfällen) können „essbare Dachgärten“ dazu beitragen, Gebäude und Produktionsprozesse effizienter zu machen. Sie sind somit eine wesentliche Komponente bei der Planung und Realisierung nachhaltiger Städte (ZALF 2013, S6ff).

Für die Bewertung dieses Kriteriums wurde als Entscheidungsfaktor die Nutzbarkeit der unterschiedlichen Dachbegrünungsarten herangezogen, also deren Betretbarkeit und die Möglichkeit zur Kultivierung unterschiedlicher Pflanzengesellschaften.

Auf Intensivbegrünungen können sämtliche Pflanzentypen angebaut werden. Mit Ausnahme von Obstbäumen ist dies auch bei reduzierten Intensivbegrünungen möglich. Extensivbegrünungen dürfen nicht betreten werden und eignen sich dadurch nur indirekt zur Nahrungsmittelproduktion. Beispielsweise kann eine artenreiche Gräser-Kräuter-Gesellschaft als Nahrungsquelle für Wild- und Honigbienen bzw. für weitere Insekten dienen. Einerseits besteht dadurch die Möglichkeit zur Honigproduktion, andererseits kann durch die Förderung ihrer Bestände deren Funktion als Bestäuber von Nutzpflanzen unterstützt werden. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 27.7.2018)

5.1.3.5.3 Subziel: Erweiterung des Lebensraums (Schaffung von Wohn-/Nutzraum)

Tabelle 38: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Erweiterung des Lebensraums (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN DACHBEGRÜNUNG			
			D1	D2	D3	D4
MEHRFACHNUTZUNG DER DACHFLÄCHEN						
Subziel	Code adaptiert	Bewertungskriterium	IB	RIB	EB	REB
Erweiterung des Lebensraums	D3.5.3.1.	Schaffung von Wohnraum / Nutzfläche / Öffentlichen Raum				

Legende:

- sehr hohes Potenzial
- hohes Potenzial
- kein Potenzial vorhanden

- IB Intensivbegrünung
- RIB Reduzierte Intensivbegrünung
- EB Extensivbegrünung
- REB Reduzierte Extensivbegrünung

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Schaffung von Wohnraum / Nutzfläche / Öffentlichen Raum [D3.5.3.1.]

Dachbegrünungen können unter anderem als Wohn- und Erholungsraum, als Gewerbe- bzw. Gastronomiefläche oder als öffentliche Grünfläche fungieren und ermöglichen sämtlichen Nutzer*innengruppen unterschiedliche Nutzungsmöglichkeiten. Vor allem im Kontext der Flächenversiegelung und des sparsamen Umgangs mit der Ressource Boden müssen Dachbegrünungen als effektive Maßnahme der städtischen Nachverdichtung erachtet werden (Stadt Wien s.a., S9, S19f).

Bewertet wurde die Nutzbarkeit eines Gründaches in seiner Funktion als erweiterter Lebensraum für den Menschen. Entscheidend ist die theoretische Betretbarkeit bzw. Befahrbarkeit des Dachbegrünungsaufbaus. Folglich eignen sich ausschließlich Intensivbegrünungen und reduzierte Intensivbegrünungen als direkt nutzbare menschliche Lebensräume.

5.2 Analyseschritt 4: Erste Bewertung der Systemgruppen zur Fassadenbegrünung

5.2.1 Bewertung der Systemgruppen zur Fassadenbegrünung: Technische Komponenten

5.2.1.1 Konstruktive und bautechnische Kriterien

5.2.1.1.1 Subziel: Tragfähigkeit und Statik (Anforderungen, Wuchsuntergrund, Verankerungen)

Tabelle 39: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Tragfähigkeit (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN FASSADENBEGRÜNUNG							
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
KONSTRUKTIVE UND BAUTECHNISCHE KRITERIEN			BBoK Efeu	BBoK Veitschii	BBmK s	BBmK f	TB	R/Pf	MS	FK
Subziel	Code adapt.	Bewertungskriterium								
Tragfähigkeit und Statik	F1.1.1.1.	Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion	■	■	■	■ 1 2	■	■	■	■
	F1.1.1.2.	Prüfung des Wuchsuntergrundes notwendig	■	■	■	■	■	■	■	■
	F1.1.1.3.	Statischer Nachweis erforderlich	■	■	■	■	■	■	■	■
	F1.1.1.4.	Anforderung an tragende Bauteile	■	■	■	■	■	■	■	■
	F1.1.1.5.	Verankerung notwendig	■	■	■	■	■	■	■	■

Systemspezifische Faktoren:

- (1) ... bei Ausführung als flächige Kletterhilfe
- (2) ... bei Ausführung als lineare Kletterhilfe

Legende:

■	sehr niedrig / trifft nicht zu	BBoK Efeu	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Efeu</i>
■	niedrig / trifft teilweise zu	BBoK Veitschii	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Veitschii</i>
■	hoch / trifft bedingt zu	BBmK s	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - starr
■	sehr hoch	BBmK f	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel
		TB	Troggebundene Begrünung
		R/Pf	Regalsysteme / Pflanzregale
		MS	Modulare Systeme
		FK	Flächige Konstruktion

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion [F1.1.1.1.]

Bei sämtlichen Fassadenbegrünungstypen ist auf die Tragfähigkeit der Fassade (Primärkonstruktion), und auf die Belastbarkeit und das Eigengewicht der Sekundärkonstruktion (Kletterhilfen, Tröge, Regale, modulare bzw. flächige Systeme mit vertikalen Vegetationsflächen) zu achten. Neben dem Gewicht der ausgewachsenen Pflanzen und der Vegetationsträger (Substrat, Vlies, Steinwolle) müssen etwaige zusätzliche Lasten durch Wind, Schnee oder Eis berücksichtigt werden (Pfoser 2016, S124ff).

Hinsichtlich ihrer statischen Ansprüche wurden wandgebundene Systemlösungen zur Fassadenbegrünung, sowie bodengebundene Begrünungen mit starren Kletterhilfen für Gerüstkletterpflanzen, unabhängig ob als lineare oder flächige Ausführung, als „gering“ bewertet. Innerhalb dieser Systemgruppen muss das Eigengewicht der Sekundärkonstruktion als maßgebender Faktor berücksichtigt werden.

Bodengebundene Begrünungen mit flexiblen Kletterhilfen sind bei einer flächigen Ausführung mit Hilfe von beweglichen Metallnetzen nur für Kletterpflanzen mit einem geringen Dickenwachstum geeignet, da ansonsten eine zu hohe Spannung auf die Konstruktion einwirkt. Demzufolge wurden sie als „sehr gering“ bewertet. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 13.7.2018)

Für bodengebundene Fassadenbegrünungen ohne Kletterhilfen sind generell keine Kletterkonstruktionen notwendig. Efeu (Wurzelkletterer) und Veitschii (Haftscheibenranker) sind Selbstklimmer und benötigen bis auf die Bereitstellung einer Pflanzgrube keine ergänzenden Kletterhilfen. Sie wurden im Zuge dieser Bewertung als „sehr hoch“ eingestuft (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S35ff).

- Prüfung des Wuchsuntergrundes notwendig [F1.1.1.2.]

Bei bodengebundenen Begrünungen ohne Kletterhilfen nutzen die selbstklimmenden Pflanzen die Fassade als direkten Wuchsuntergrund. Ein schadloser Fassadenzustand ist als Grundvoraussetzung obligatorisch, da ansonsten durch das Gewicht der Pflanzen und deren Haftorgane Schäden an der Fassade auftreten können. Die lichtfliehenden Triebspitzen und Haftwurzeln neigen dazu in Lücken und Risse einzuwachsen und durch ihr Dickenwachstum Bauschäden zu verursachen bzw. sensible Bauteile zu beschädigen. Somit ist vor der Pflanzung eine genaue Prüfung des Fassadenputzes notwendig. Dieser zusätzliche Aufwand wurde im Rahmen dieser Bewertung und in Hinblick auf den Gesamtnutzen als „gering“ klassifiziert (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S54ff).

- Statischer Nachweis erforderlich [F1.1.1.3.]

Die Veitschii-Variante der bodengebundenen Fassadenbegrünung ohne Kletterhilfe benötigt keinen statischen Nachweis bezüglich der Tragfähigkeit ihrer Wuchskonstruktion, wodurch diese Alternative mit „sehr hoch“ bewertet wurde. *Hedera helix* wächst ebenfalls bodengebunden und ohne Kletterkonstruktion, hat jedoch einen stärkeren Wuchs und entwickelt ein ausgeprägteres Dickenwachstum, wodurch die Fassade stärker belastet wird.

Eine statische Prüfung sollte erfolgen. Dahingehend wurde Alternative F1 hinsichtlich dieses Kriteriums als „gering“ beurteilt. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 13.7.2018)

Für bodengebundene Fassadenbegrünungen mit Kletterhilfen erfolgte die Beurteilung als „hoch“. Ein statischer Nachweis der Belastbarkeit der Primär- und Sekundärkonstruktion ist eventuell erforderlich. Die Eignung und Stabilität der Wuchskonstruktionen, sowie die Lastannahmekapazität der Fassade sollten überprüft werden (Pfoser 2016, S124).

Wandgebundene Systemlösungen sind auf eine Sekundärkonstruktion angewiesen und wurden als „gering“ beurteilt. Ein statischer Nachweis ist zwingend erforderlich, da mit der Installation von Pflanztrögen, Pflanzregalen oder Living Walls zusätzliche Vertikal- und Horizontallasten auf die Fassade wirken (Pfoser 2016, S124).

- Anforderung an tragende Bauteile **[F1.1.1.4.]**

Die Belastbarkeit der tragenden Bauteile einer Systemlösung ist grundsätzlich von deren Unterkonstruktion abhängig und davon welche Materialien für die Sekundärkonstruktion verwendet wurden (Pfoser 2016, S124ff). Die Kletterhilfen von bodengebundenen Begrünungen und die einzelnen Komponenten von fassadengebundenen Begrünungstypen sind permanenten Witterungseinflüssen (UV-Strahlung, Wind, Niederschlag, etc.) ausgesetzt, wodurch es zu Materialermüdung kommen kann (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S56ff).

Bodengebundene Begrünungen mit Kletterhilfen wurden als „hoch“ bewertet. Hierbei kommen starre Kletterhilfen in Form von witterungsbeständigen Gerüsten oder Stäben aus Metall oder Kunststoff, selten auch aus Holz, zum Einsatz. Außerdem gibt es flexible Ausführungen aus linear oder flächig gespannten Stahlseilen bzw. Metallnetzen, welche oft mit Kunststoff ummantelt sind (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S82-91). Für diese Begrünungstypen wird ein Korrosionsschutz, sowie die Verwendung von nichtrostendem Material empfohlen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S58).

Troggebundene Systemlösungen und Regalsysteme stellen sehr hohe Anforderungen an die tragenden Bauteile, da kein direkter Bodenkontakt vorhanden ist und die Befestigungsanker und die Montageelemente dementsprechend belastet werden. Bei troggebundenen Systemen werden in der Regel Metall-, Kunststoff- oder Betonbehälter als Pflanzgefäße verwendet (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S92-97).

Bei der Installation von troggebundenen Fassadenbegrünungen und Regalsystemen muss, ebenso wie bei Systemlösungen mit vertikalen Vegetationsflächen, das hohe Eigengewicht der Systemkomponenten, sowie das wassergesättigte Gewicht der Vegetationsträger (Substrat, Vlies, Steinwolle) und das Pflanzengewicht berücksichtigt werden (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S57). Aufgrund der hohen Anforderungen an die tragenden Bauteile wurden diese Systemgruppen als „gering“ bewertet.

Für bodengebundene Begrünungen ohne Kletterhilfen erfolgte die Klassifizierung als „sehr hoch“, da diese keine Wuchskonstruktionen benötigen.

- Verankerung notwendig **[F1.1.1.5.]**

Verankerungen in der Wand sind bei sämtlichen Systemlösungen mit Sekundärkonstruktionen notwendig. Sie sind ein technisches Erfordernis um deren Stabilität und die Tragfähigkeit zu erhöhen (Pfoser 2016, S124).

Bodengebundene Begrünungen ohne Kletterhilfen benötigen keine Sekundärkonstruktionen und wurden dahingehend als „sehr hoch“ bewertet.

5.2.1.1.2 Subziel: Fassadentyp (Massivkonstruktion, WDVS, VHF)

Tabelle 40: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Fassadentyp (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN FASSADENBEGRÜNUNG							
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
KONSTRUKTIVE UND BAUTECHNISCHE KRITERIEN			BBoK Efeu	BBoK Veitschii	BBmK s	BBmK f	TB	R/Pf	MS	FK
Subziel	Code adapt.	Bewertungskriterium								
Fassadentyp	F1.1.2.1.	Eignung für den Fassadentyp Massivkonstruktion								
	F1.1.2.2.	Eignung für den Fassadentyp Wärmedämmverbund								
	F1.1.2.3.	Eignung für vorgehängte hinterlüftete Fassaden								

Legende:

	trifft unbedingt zu	BBoK Efeu	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Efeu</i>
	trifft bedingt zu	BBoK Veitschii	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Veitschii</i>
	trifft teilweise zu	BBmK s	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - starr
		BBmK f	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel
		TB	Troggebundene Begrünung
		R/Pf	Regalsysteme / Pflanzregale
		MS	Modulare Systeme
		FK	Flächige Konstruktion

Die Frage nach der Eignung eines bestimmten Fassadentyps stellt eine bautechnische Herausforderung für die Umsetzung dar und ist Entscheidungsgrundlage für eine konkrete Systemlösung. Vor der Installation muss geklärt werden welche Systemgruppen/Begrünungstypen für welchen Fassadentyp verwendet werden können.

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Eignung für den Fassadentyp Massivkonstruktion [F1.1.2.1.]

Massivwände findet man generell in zwei unterschiedlichen Ausführungsformen: Als Mauerwerksverband, bestehend aus Ziegel, Klinker und Mörtel, oder in Form von Betonwänden, welche aus Zement, Gesteinskörnung, Wasser und möglichen Betonzusatzstoffen hergestellt werden (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S55).

Grundsätzlich sind bodengebundene Begrünungsarten mit oder ohne Kletterhilfen für diesen Fassadentyp gut geeignet und wurden als „hoch“ bewertet. Bei wandgebundenen Systemlösungen ist die Hinterlüftung oft Teil des Systems. Sie wurden dahingehend als „sehr hoch“ eingestuft.

- Eignung für den Fassadentyp Wärmedämmverbund [F1.1.2.2.]

Bei Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) werden Wärmedämmplatten direkt an der Außenwand fixiert und anschließend verputzt. Im Vergleich zum Fassadentyp Massivkonstruktion entsteht dadurch ein bautechnischer Mehraufwand (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S55).

Bodengebundene Begrünungen ohne Kletterhilfen wurden mit „gering“ bewertet. Aufgrund der Materialität der Dämmelemente und der Wuchseigenschaften von Selbstklimmern sind diese Begrünungstypen nur bedingt geeignet. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 13.7.2018)

Alle weiteren Systemgruppen wurden als „hoch“ eingestuft. Jedoch ist eine Prüfung der statischen Tauglichkeit und ein fachkundiger Einbau der Wärmedämmelemente erforderlich, da ansonsten Wärmebrücken auftreten können (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S59).

- Eignung für vorgehängte hinterlüftete Fassaden [F1.1.2.3.]

Vorgehängte hinterlüftete Fassaden (VHF) besitzen einen Hinterlüftungsspalt zwischen Bekleidung und der Fassadendämmung. Dadurch kommt es zu einem kontinuierlichen Luftaustausch (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S55).

Besonders für die Errichtung von fassadengebundenen Begrünungen sind vorgehängte hinterlüftete Fassaden essentiell, da diese der Bildung von Kondenswasser entgegenwirken (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S55). Alternative F5 – F8 sind somit sehr gut für diesen Fassadentyp geeignet und wurden als „sehr hoch“ bewertet.

Bei der Verwendung von Selbstklimmern oder Gerüstkletterpflanzen bei bodengebundenen Begrünungsformen sind ergänzende bauliche Maßnahmen zum Schutz sensibler Bauteile durch Wuchsbegrenzungen erforderlich. Die Kultivierung von Pflanzen mit negativem Phototropismus sollte vermieden werden (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S49, S76-105). Unter Berücksichtigung dieses Zusatzaufwandes sind auch bodengebundene Fassadenbegrünungen gut für diesen Fassadentyp geeignet und wurden als „hoch“ eingestuft.

5.2.1.1.3 Subziel: Platzbedarf

Tabelle 41: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Platzbedarf (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN FASSADENBEGRÜNUNG							
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
KONSTRUKTIVE UND BAUTECHNISCHE KRITERIEN			BBoK Efeu	BBoK Veitschii	BBmK s	BBmK f	TB	R/Pf	MS	FK
Subziel	Code adapt.	Bewertungskriterium								
Platzbedarf	F1.1.3.1.	Notwendige Distanz zur Fassade								

Legende:

	sehr gering	BBoK Efeu	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Efeu</i>
	gering	BBoK Veitschii	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Veitschii</i>
	groß	BBmK s	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - starr
		BBmK f	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel
		TB	Troggebundene Begrünung
		R/Pf	Regalsysteme / Pflanzregale
		MS	Modulare Systeme
		FK	Flächige Konstruktion

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Notwendige Distanz zur Fassade [F1.1.3.1.]

Die verschiedenen Systemlösungen zur Fassadenbegrünung haben einen unterschiedlich hohen Platzbedarf (Pfoser 2016, S124). Nachfolgend wird die Distanz zwischen der Sekundärkonstruktion und der Fassade bewertet.

Bodengebundene Begrünungen ohne Kletterhilfen ermöglichen einen direkten Bewuchs der Fassade, wodurch diese hinsichtlich ihres Platzbedarfs als „sehr hoch“ klassifiziert wurden.

Bei bodengebundenen Begrünungen mit Kletterhilfen, ebenso wie bei troggebundenen Systemen und Regalsystemen, muss bei der Errichtung auf das Dickenwachstum der Pflanzen und ausreichend Platz für eine entsprechende Hinterlüftung geachtet werden (Pfoser 2016, S124). Diese Begrünungstypen beanspruchen grundsätzlich mehr Raum. Das ist vor allem in dicht verbauten Gebäudebeständen, bei schmalen Gehsteigbreiten, etc. relevant. Demzufolge wurden sie als „gering“ bewertet.

Systemlösungen mit vertikalen Vegetationsflächen wurden hinsichtlich ihres Platzbedarfs als „hoch“ eingestuft. Da in den Systemmodulen eine Hinterlüftung integriert ist beanspruchen diese weniger Platz (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S98-105).

5.2.1.1.4 Subziel: Materialeinsatz und Materialaufwand (Kletterhilfen, Pflanzgefäße)

Tabelle 42: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Materialeinsatz und Materialaufwand (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN FASSADENBEGRÜNUNG							
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
KONSTRUKTIVE UND BAUTECHNISCHE KRITERIEN			BBoK Efeu	BBoK Veitschii	BBmK s	BBmK f	TB	R/Pf	MS	FK
Subziel	Code adapt.	Bewertungskriterium								
Materialeinsatz und Materialaufwand	F1.1.4.1.	Aufwand für Kletterhilfe					3	4	6	5
	F1.1.4.2.	Aufwand für Pflanzgefäß								
	F1.1.4.3.	Kumulierter Materialaufwand								

Systemspezifische Faktoren:

- (3) ... bei flächiger Begrünung
- (4) ... bei punktueller Begrünung
- (5) ... wenn Abstand der Vegetationsträger (linear) < 50 cm
- (6) ... wenn Abstand der Vegetationsträger (linear) > 50 cm

Legende:

	sehr niedrig	BBoK Efeu	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Efeu</i>
	niedrig	BBoK Veitschii	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Veitschii</i>
	hoch	BBmK s	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - starr
	sehr hoch	BBmK f	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel
		TB	Troggebundene Begrünung
		R/Pf	Regalsysteme / Pflanzregale
		MS	Modulare Systeme
		FK	Flächige Konstruktion

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Aufwand für Kletterhilfe [F1.1.4.1.]

Systemlösungen, bei denen Gerüstkletterpflanzen zum Einsatz kommen, benötigen für ihr Wachstum unterschiedliche Kletterhilfen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S39ff). Für die Erreichung des vordefinierten Begrünungsziels stellen sie eine bautechnische Notwendigkeit dar.

Bodengebundene Begrünungen mit Kletterhilfen wurden als „gering“ eingestuft, da mit dem Aufbau von Seil-, Netz- oder Gitterkonstruktionen ein hoher Materialaufwand verbunden ist (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S84-91).

Dasselbe gilt für troggebundene Begrünungen, die in flächiger Ausführung errichtet werden. Bei punktuell troggebundenen Fassadenbegrünungen reduziert sich der Materialaufwand für Kletterhilfen in Abhängigkeit von der Anzahl der mit Einzeltrögen begrüneten Fassadenbereiche. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 13.7.2018) Demzufolge wurden diese als „sehr hoch“ bewertet.

Regalsysteme, bei denen der vertikale Abstand der Montageelemente weniger als 50 cm beträgt, wurden ebenfalls als „sehr hoch“ eingestuft. Die Verwendung von Kletterpflanzen sollte vermieden werden, da die Systeme ansonsten verwachsen. Allerdings können bei Abständen von mehr als 50 cm zwischen den Pflanzregalen Kletterpflanzen verwendet werden, welche optional auch unterschiedliche Kletterhilfen benötigen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S94-97). Ergo erfolgte eine Bewertung als „gering“.

Bei bodengebundenen Begrünungen ohne Kletterhilfen und bei Systemlösungen mit vertikalen Vegetationsflächen kommen generell keine Gerüstkletterpflanzen zum Einsatz (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S82, S98-105). Sie wurden als „sehr hoch“ klassifiziert.

- Aufwand für Pflanzgefäß [F1.1.4.2.]

Bodengebundene Begrünungen erfordern keine speziellen Pflanzgefäße und wurden dahingehend als „sehr hoch“ bewertet. Eine Pflanzgrube, die mit Bodenmaterial bzw. einer geeigneten Substratmischung aufgefüllt wird, dient den Kletterpflanzen und Gehölzen als Vegetationsträger (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S82-91). Eventuell ist vor der Pflanzung eine Bodenverbesserung notwendig (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S65).

Troggebundene Fassadenbegrünungen benötigen Pflanzbehälter aus Metall, Kunststoff oder Beton (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S92).

Bei Regalsystemen und wandgebundenen Begrünungen mit senkrechten Vegetationsflächen bestehen die Pflanzgefäße aus Metall, Vlies, Geotextil oder Kunststoff (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S94-105). Diese Systemgruppen wurden hinsichtlich ihres Aufwands für die Bereitstellung von Pflanzgefäßen als „gering“ beurteilt.

- Kumulierter Materialaufwand [F1.1.4.3.]

Der kumulierte Materialaufwand ergibt sich aus der Summe der Systemkomponenten, die für den Aufbau eines bestimmten Fassadenbegrünungstyps benötigt werden. Dazu zählen etwaige Kletterhilfen und Pflanzgefäße, Vegetationsträger, Trägergerüste bzw. Montageplatten, Kassetten- oder Taschenelemente bei Systemen mit vertikalen Vegetationsflächen, ebenso wie Befestigungsanker (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S82-105). Manche

Begrünungstypen erfordern überdies den Einbau von Bewässerungsanlagen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S72-74). Darüber hinaus können zusätzliche bautechnische Maßnahmen an der Primärkonstruktion (Fassadentyp) notwendig sein (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019., S55).

5.2.1.1.5 Subziel: Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung (Anschlüsse, Wuchsbegrenzung, Zugänglichkeit)

Tabelle 43: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN FASSADENBEGRÜNUNG							
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
KONSTRUKTIVE UND BAUTECHNISCHE KRITERIEN			BBoK Efeu	BBoK Veitschii	BBmK s	BBmK f	TB	R/Pf	MS	FK
Subziel	Code adapt.	Bewertungskriterium								
Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	F1.1.5.1.	Anschluss notwendig (Strom, Wasser) in der Betriebsphase								
	F1.1.5.2.	Wuchsbegrenzung zum Schutz der Fassade notwendig								
	F1.1.5.3.	Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten erforderlich								

Legende:

	trifft nicht zu	BBoK Efeu	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Efeu</i>
	trifft teilweise zu	BBoK Veitschii	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Veitschii</i>
	trifft bedingt zu	BBmK s	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - starr
		BBmK f	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel
		TB	Troggebundene Begrünung
		R/Pf	Regalsysteme / Pflanzregale
		MS	Modulare Systeme
		FK	Flächige Konstruktion

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Anschluss notwendig (Strom, Wasser) in der Betriebsphase [F1.1.5.1.]

Bei fassadengebundenen Systemlösungen sollten Außenanschlüsse für die erforderlichen Bewässerungsanlagen, sowie eine externe Stromzufuhr für Instandhaltungs- und Pflegearbeiten, installiert werden (Pfoser 2016, S124). Folglich wurden sie hinsichtlich dieses Bewertungskriteriums als „gering“ beurteilt.

Hingegen besitzen bodengebundene Begrünungen zumeist einen direkten Bodenwasseranschluss. Bei entsprechender Pflanzenwahl ist unter Berücksichtigung der (mikro-)klimatischen Verhältnisse vor Ort und bei ausreichend Niederschlag keine künstliche Bewässerung erforderlich, wodurch diese Systemgruppen als „hoch“ bewertet wurden (Pfoser 2016, 54-57).

- Wuchsbegrenzung zum Schutz der Fassade notwendig [F1.1.5.2.]

Durch den Einsatz von negativ phototropen Selbstklimmern oder von starkwüchsigen Schlingpflanzen benötigen bodengebundene Systemlösungen, ebenso wie troggebundene Begrünungen und Regalsysteme, nichtrostende Wuchsbegrenzer zum Schutz sensibler Fassaden- bzw. Gebäudebereiche (Dachrinnen, Entwässerungsröhre, Lüftungsschächte, etc.) (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S49, S82-97). Demzufolge wurden diese Systemgruppen als „gering“ bewertet.

Bei modularen Systemen und flächigen Konstruktionen mit vertikalen Vegetationsflächen kommen grundsätzlich keine Kletterpflanzen zur Anwendung, da die Gefahr besteht, dass die Systeme verwachsen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S98-105). Das Pflanzenwachstum wird durch die Größe der Pflanzgefäße limitiert.

- Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten erforderlich **[F1.1.5.3.]**

Zur regelmäßigen Überprüfung der Funktionstauglichkeit der Sekundärkonstruktionen und deren Systemkomponenten, aber auch für anfallende Pflegearbeiten, müssen die Systeme erreichbar sein. Der damit verbundene bautechnische und logistische Aufwand richtet sich nach den baulichen Gegebenheiten vor Ort (Pfoser 2016, S124f).

Die Zugänglichkeit kann bei bodengebundenen Begrünungen mit Kletterhilfen beispielsweise über Balkone, Loggien oder eigens errichteten Wartungswegen erfolgen. Fassadengebundene Systemlösungen können oft nur über Umwege erreicht werden. Für die Pflege- und Instandhaltungsarbeiten sind häufig Hebebühnen bzw. Wartungskörbe und der Einsatz von Industriekletterer*innen erforderlich (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S69-71).

5.2.1.2 Vegetationstechnische Kriterien

5.2.1.2.1 Subziel: Pflanzentypen (Gräser, Kräuter, Stauden, Kletterpflanzen, ua.)

Tabelle 44: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Pflanzentypen (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN FASSADENBEGRÜNUNG								
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	
VEGETATIONSTECHNISCHE KRITERIEN			BBoK Efeu	BBoK Veitschii	BBmK s	BBmK f	TB	R/Pf	MS	FK	
Subziel	Code adapt.	Bewertungskriterium									
Pflanzentypen	F1.2.1.1.	Sedum / Moose						5	6		
	F1.2.1.2.	Gräser / Kräuter						5	6		
	F1.2.1.3.	Stauden						5	6		
	F1.2.1.4.	Kletterpflanzen - einjährig						6	5		
	F1.2.1.5.	Kletterpflanzen - mehrjährig, verholzend						6	5		
	F1.2.1.6.	Gehölze						6	5		

Systemspezifische Faktoren:

(5) ... wenn Abstand der Vegetationsträger (linear) < 50 cm

(6) ... wenn Abstand der Vegetationsträger (linear) > 50 cm

Legende:

	sehr gut geeignet	BBoK Efeu	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Efeu</i>
	gut geeignet	BBoK Veitschii	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Veitschii</i>
	irrelevant	BBmK s	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - starr
	teilweise geeignet	BBmK f	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel
		TB	Troggebundene Begrünung
		R/Pf	Regalsysteme / Pflanzregale
		MS	Modulare Systeme
		FK	Flächige Konstruktion

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Sedum und Moose [F1.2.1.1.]

Die Auswahl der Pflanzen sollte grundsätzlich an die konkreten Standortbedingungen angepasst sein (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S35ff). Aufgrund der

unterschiedlichen Bauweisen von boden- und wandgebundenen Fassadenbegrünungssystemen ist die Verwendung von Sedum-Arten und Moosen, sowie von Gräsern, Kräutern und Stauden, ausschließlich für fassadengebundene Begrünungstypen geeignet (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S80-95).

Wenn der Abstand zwischen den Pflanzregalen weniger als 50 cm beträgt, dann eignen sich Regalsysteme besonders gut für eine Kultivierung mit Sedum- und Moosgesellschaften. Bei größeren Abständen kann mit diesen Pflanzentypen keine flächige Begrünung erzielt werden. Sie sind dann, ebenso wie Systemlösungen mit senkrechten Vegetationsflächen, nur bedingt geeignet (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S94-105). Als Vorkultur oder bei einer entsprechend dichten Pflanzung können Sedum- und Moosgesellschaften ebenfalls gut in troggebundenen Systemen kultiviert werden (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S92f).

- Gräser und Kräuter [F1.2.1.2.]
- Stauden [F1.2.1.3.]

Durch ihren überwiegend horstartigen Wuchs lassen sich Gräser und Kräuter, ebenso wie Stauden, in Pflanzregalen mit weniger als 50 cm Abstand zwischen den Montageelementen sehr gut etablieren. Darüber hinaus steht den Pflanzen ausreichend Durchwurzelungsraum zur Verfügung. Bei mehr als 50 cm Abstand können durch eine Bepflanzung mit diesen Pflanzentypen ebenfalls gute Ergebnisse erzielt werden (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S94-97). Auch bei troggebundenen Fassadenbegrünungen lässt sich durch eine dichte Setzung der Pflanzen eine gute Begrünungswirkung erreichen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S92f). Systemlösungen mit vertikalen Vegetationsflächen sind ebenfalls gut geeignet. Durch ausreichend große Pflanzgefäße (Kassetten/Taschen) haben die Wurzeln von Gräsern, Kräutern und Stauden genügend Platz zur Entfaltung. Darüber hinaus kann bei diesen Systemen durch die Verwendung von Pflanzen mit horstartigem Wuchs ein dichter Vegetationsbestand erzielt werden (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S94-105).

- Kletterpflanzen – einjährig [F1.2.1.4.]
- Kletterpflanzen – mehrjährig, verholzend [F1.2.1.5.]

Kletterpflanzen kommen ausschließlich bei bodengebundenen Begrünungen, sowie bei troggebundenen Systemen und Regalsystemen zur Anwendung (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S80-105).

Hinsichtlich Alternative F1 und F2 wäre eine Fassadengestaltung mit rasch- und dichtwüchsigen, einjährigen Selbstklimmern theoretisch möglich. Für dieses Bewertungsverfahren wurden jedoch ausschließlich mehrjährige Kletterpflanzen gewählt. Demzufolge wurden sie als „nicht definierbar“ eingestuft. Hingegen sind Efeu und Veitschii als Vertreter mehrjähriger Selbstklimmer, sowie ein- und mehrjährige Gerüstkletterpflanzen,

für alle bodengebundenen Fassadenbegrünungsalternativen sehr gut geeignet. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 13.7.2018)

Durch troggebundene Systemlösungen können ebenso sehr gute Begrünungsergebnisse mit Kletterpflanzen erzielt werden. Bei Regalsystemen ist die Distanz zwischen den Montageelementen entscheidend. Wenn der Abstand der Pflanzregale weniger als 50 cm beträgt, dann besteht die Gefahr, dass die Systeme verwachsen und der Austausch einzelner Systemkomponenten dadurch erschwert wird. Für größere Abstände sind ein- bzw. mehrjährige Kletterpflanzen sehr gut geeignet (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S92-97).

- Gehölze [F1.2.1.6.]

Für die Gestaltung der Fassade können ebenfalls Sträucher und Bäume verwendet werden (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S48). Diese sind als Spalier sehr gut für bodengebundene Begrünungen mit Kletterhilfen geeignet und wurden als „sehr hoch“ bewertet (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S43).

Bei fassadengebundenen Begrünungstypen sind die Wuchshöhen der Pflanzen, sowie das Eigengewicht und der ihnen zur Verfügung stehende Durchwurzelungsraum die entscheidenden Faktoren für deren Eignung (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S48).

Troggebundene Systemlösungen und Regalsysteme mit mehr als 50 cm Abstand zwischen den Pflanzregalen ermöglichen einen flächendeckenden Bewuchs und wurden ebenfalls als „sehr hoch“ klassifiziert (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S92-97).

Fassadenbegrünungen mit senkrechten Vegetationsflächen bieten meist zu wenig Durchwurzelungsraum und weisen dadurch einen geringeren Wasserrückhalt auf, wodurch Alternative F7 und F8 als „gering“ bewertet wurden (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S98-105).

5.2.1.2.2 Subziel: Flächenwirkung (Begrünungsdauer)

Tabelle 45: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Flächenwirkung (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN FASSADENBEGRÜNUNG									
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8		
VEGETATIONSTECHNISCHE KRITERIEN			BBoK Efeu	BBoK Veit schii	BBmK s		BBmK f		TB	R/Pf	MS	FK
Subziel	Code adapt.	Bewertungs-kriterium										
Flächen-wirkung	F1.2.2.1.	Begrünungsdauer			1	2	1	2	7			

Systemspezifische Faktoren:

- (1) ... bei Ausführung als flächige Kletterhilfe
- (2) ... bei Ausführung als lineare Kletterhilfe
- (7) ... bei Verwendung von Kletterpflanzen

Legende:

	sehr kurzfristig	BBoK Efeu	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Efeu</i>
	mittel- bis langfristig	BBoK Veitschii	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Veitschii</i>
	langfristig	BBmK s	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - starr
	sehr langfristig	BBmK f	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel
		TB	Troggebundene Begrünung
		R/Pf	Regalsysteme / Pflanzregale
		MS	Modulare Systeme
		FK	Flächige Konstruktion

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Begrünungsdauer [F1.2.2.1.]

Die Begrünungsdauer richtet sich nach der Höhe des einsetzbaren Investitionskapitals und wird durch die Wahl des Fassadenbegrünungstyps und seine technische Ausführung bestimmt. Darüber hinaus entscheiden das Begrünungsverfahren (Pflanzung, Aussaat oder Vorkultur) und die Pflanzenwahl über die Zeit, die bis zur Erreichung des vordefinierten Begrünungsziels benötigt wird (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S81).

Für bodengebundene Begrünungstypen wurde eine mittel- bis langfristige Begrünungsdauer angenommen, da Selbstklimmer und Gerüstkletterpflanzen eine relativ lange Zeit für ihr Wachstum benötigen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S82-91). Demnach erfolgte ihre Einstufung als „gering“. Für gewöhnlich brauchen bodengebundene Systemlösungen mit flächig ausgeführten Kletterhilfen länger bis zur Erreichung eines hohen Deckungsgrades als Systeme mit linearen Kletterhilfen, weshalb diese als „sehr gering“ bewertet wurden. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 13.7.2018)

Bei fassadengebundene Begrünungstypen ist eine Vorkultivierung der Pflanzen möglich bzw. obligatorisch, wobei Vorkulturen bei flächigen Konstruktionen eher eine Ausnahme darstellen (Pfoser 2016, S58-63). Im Vergleich zu bodengebundenen Begrünungen wurde die Begrünungsdauer als sehr kurzfristig angenommen, wodurch diese Fassadenbegrünungssysteme als „sehr hoch“ bewertet wurden.

Bei der Verwendung von Kletterpflanzen bei troggebundenen Systemlösungen ist mit einer mittel- bis langfristigen Dauer zu rechnen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S92f). Demzufolge wurden sie als „gering“ eingestuft.

5.2.2 Bewertung der Systemgruppen zur Fassadenbegrünung: Ökonomische Komponenten

5.2.2.1 Kosten und Aufwände

5.2.2.1.1 Subziel: Ausführung bzw. Errichtung (Investitionsaufwand)

Tabelle 46: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Ausführung und Errichtung (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN FASSADENBEGRÜNUNG							
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
KOSTEN UND AUFWÄNDE			BBoK Efeu	BBoK Veitschii	BBmK s	BBmK f	TB	R/Pf	MS	FK
Subziel	Code adapt.	Bewertungskriterium								
Ausführung und Errichtung	F2.1.1.1.	Investitionsaufwand (Errichtungskosten)								

Legende:

	sehr gering	BBoK Efeu	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Efeu</i>
	gering	BBoK Veitschii	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Veitschii</i>
		BBmK s	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - starr
		BBmK f	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel
	hoch	TB	Troggebundene Begrünung
		R/Pf	Regalsysteme / Pflanzregale
		MS	Modulare Systeme
		FK	Flächige Konstruktion

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Investitionsaufwand (Errichtungskosten) [F2.1.1.1.]

In diesem Bewertungspunkt wurde versucht den notwendigen Investitionsaufwand zu erfassen, der mit der bautechnischen Umsetzung der unterschiedlichen Systemlösungen einhergeht. Darin inkludiert sind etwaige zusätzliche finanzielle Belastungen durch anstehende Montagearbeiten. Obwohl die tatsächlichen Kosten für eine Realisierung durch die technische und vegetationstechnische Ausführung auf Gebäudeebene bestimmt werden, lassen sich innerhalb der Systemgruppen aufgrund der ähnlichen Bauweisen Gemeinsamkeiten hinsichtlich des Investitionsaufwands feststellen. Für die Bewertung wurden ausschließlich die ungefähren Errichtungskosten der Systeme erfasst. Die positiven Effekte und Wirkungszusammenhänge (Nutzen) der jeweiligen Begrünungstypen wurden nicht berücksichtigt.

Demnach ist bei der Etablierung von bodengebundenen Begrünungen ohne Kletterhilfen mit „sehr geringen“ Errichtungskosten zu rechnen, da diese keine Sekundärkonstruktion benötigen

(MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S82f).

Der Investitionsaufwand für bodengebundene Fassadenbegrünungen mit Kletterhilfen, trogebundene Begrünungen und Regalsysteme wurde als „gering“ bewertet. Im Unterschied zu Alternative F1 und F2 werden Pflanzgefäße, Vegetationsträger, Kletterhilfen, Bewässerungseinrichtungen, etc. benötigt (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S84-97).

Bei modularen und flächigen Systemen mit senkrechten Vegetationsflächen ist aufgrund des komplexeren technischen Aufbaus der Systeme mit „hohen“ Errichtungskosten zu rechnen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S98-105).

5.2.2.1.2 Subziel: Anwuchspflege (Aufwand, Bewässerung, Nährstoffversorgung)

Tabelle 47: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Anwuchspflege (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN FASSADENBEGRÜNUNG									
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8		
KOSTEN UND AUFWÄNDE			BBoK Efeu	BBoK Veitschii	BBmK s	BBmK f	TB	R/Pf	MS	FK		
Subziel	Code adapt.	Bewertungskriterium										
Anwuchspflege	F2.2.1.1.	Pflegeaufwand					8	9	8	9		
	F2.2.1.2.	Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)					8	9	8	9		
	F2.2.1.3.	Nährstoffversorgung					10	11	10	11	10	11

Systemspezifische Faktoren:

- (8) ... bei Vorkultur
- (9) ... bei Aussaat
- (10) ... mit Flüssigdünger
- (11) ... mit Depotdünger

Legende:

 sehr gering	BBoK Efeu	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Efeu</i>
 gering	BBoK Veitschii	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Veitschii</i>
 hoch	BBmK s	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - starr
	BBmK f	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel
	TB	Troggebundene Begrünung
	R/Pf	Regalsysteme / Pflanzregale
	MS	Modulare Systeme
	FK	Flächige Konstruktion

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Pflegeaufwand [F2.2.1.1.]
- Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch) [F2.2.1.2.]
- Nährstoffversorgung [F2.2.1.3.]

Angelehnt an ÖNORM L 1131:2010 „Gartengestaltung und Landschaftsbau – Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken“ bzw. ÖNORM L1120:2016 „Gartengestaltung und Landschaftsbau – Grünflächenpflege, Grünflächenerhaltung“ erfolgte auch hinsichtlich des Pflegeaufwands für Fassadenbegrünungen eine Differenzierung nach Anwuchs-, Entwicklungs- und Erhaltungspflege. Für Österreich ist ein Regelwerk in Form der ÖNORM L 1136:2017 „Vertikalbegrünung im Außenraum“ aktuell noch in Ausarbeitung. Zukünftig

werden darin die konkreten Maßnahmen in den einzelnen Pflegephasen definiert und Mindeststandards für eine Übernahme durch die Vertragspartner*innen festgelegt.

Nachfolgend werden generelle vegetationstechnische Pflegemaßnahmen aufgelistet, die in allen Pflegephasen in unterschiedlich hoher Intensität getätigt werden müssen. Grundsätzlich sollten alle Pflegearbeiten bedarfsgerecht an die Standortbedingungen und an das Wuchsverhalten der Pflanzen angepasst sein. Der Aufwand richtet sich nach den verwendeten Pflanzentypen und nach der Lage bzw. der Zugänglichkeit (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S70f).

Tabelle 48: Vegetationstechnische Pflegemaßnahmen nach FLL-Fassadenbegrünungsrichtlinien 2018, S97-152 (Eigene Erstellung)

VEGETATIONSTECHNISCHE PFLLEGEMASSNAHMEN	
Bodengebundene Fassadenbegrünung	Wandgebundene Fassadenbegrünung
<ul style="list-style-type: none"> • Rückschnitt 	<ul style="list-style-type: none"> • Rückschnitt
<ul style="list-style-type: none"> • Freischneiden von sensiblen Fassadenbereichen und Systemkomponenten 	<ul style="list-style-type: none"> • Freischneiden von sensiblen Fassadenbereichen und Systemkomponenten
<ul style="list-style-type: none"> • Entfernung von Totholz 	<ul style="list-style-type: none"> • Nachpflanzungen bei Vegetationslücken
<ul style="list-style-type: none"> • Kontrolle auf Vitalität der Pflanzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Entfernung von Wildwuchs
<ul style="list-style-type: none"> • Wasserzufuhr, wenn kein direkter Bodenwasseranschluss vorhanden ist 	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrolle auf Vitalität der Pflanzen
<ul style="list-style-type: none"> • Düngergabe 	<ul style="list-style-type: none"> • Überprüfung der Bewässerungs- und Düngeeinrichtungen

Für bodengebundene Begrünungen wurde der Pflegeaufwand in der Anwuchsphase als „gering“ bzw. „sehr gering“ bewertet. Bei standortangepasster Pflanzenauswahl und einem direkten Boden- bzw. Bodenwasseranschluss kann im Optimalfall auf eine künstliche Bewässerung und Düngung gänzlich verzichtet werden. Die Pflegegänge sind in der Regel zweimal jährlich bzw. nach Bedarf durchzuführen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S70f, S82-91).

Durch eine Kultivierung mit Aussaaten ist bei Begrünungen mit troggebundenen Systemen, ebenso wie bei Regalsystemen, während der Anwuchsphase ebenfalls von einem geringen Pflegeaufwand auszugehen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S92-97). Jedoch haben diese Begrünungstypen einen höheren Wasserbedarf und benötigen große Mengen an Flüssigdünger (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S72-74). Bei Vorkulturen kann der Pflegeaufwand und der Wasserbedarf in der Anwuchsphase reduziert werden. Durch die Verwendung von Depot- bzw. Feststoffdünger sind Einsparungen bei der Düngemenge möglich. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018)

Durch die Möglichkeit zur Vorkultivierung sind modulare und flächige Systemlösungen in der Anwuchsphase ebenfalls mit wenig Pflegeaufwand verbunden (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25

Grün- und Freiräume 2019, S98-105). Eine bedarfsgerechte automatische Bewässerung reduziert den Wasserverbrauch, gleichwohl ist mit einem hohen Bedarf an Flüssigdünger zu rechnen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S72-74). Durch die Zugabe von Depotdünger kann die erforderliche Düngemenge reduziert werden. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018)

5.2.2.1.3 Subziel: *Entwicklungspflege (Aufwand, Bewässerung, Nährstoffversorgung)*

Tabelle 49: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Entwicklungspflege (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN FASSADENBEGRÜNUNG											
			F1	F2	F3	F4	F5		F6		F7		F8	
Subziel	Code adapt.	Bewertungskriterium	BBoK Efeu	BBoK Veitschii	BBmK s	BBmK f	TB		R/Pf		MS		FK	
			Entwicklungspflege	F2.2.2.1.	Pflegeaufwand									
F2.2.2.2.	Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)						8	9	8	9				
F2.2.2.3.	Nährstoffversorgung						10	11	10	11	10	11	10	11

Systemspezifische Faktoren:

- (8) ... bei Vorkultur
- (9) ... bei Aussaat
- (10) ... mit Flüssigdünger
- (11) ... mit Depotdünger

Legende:

	sehr gering	BBoK Efeu	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Efeu</i>
	gering	BBoK Veitschii	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Veitschii</i>
	hoch	BBmK s	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - starr
	sehr hoch	BBmK f	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel
		TB	Troggebundene Begrünung
		R/Pf	Regalsysteme / Pflanzregale
		MS	Modulare Systeme
		FK	Flächige Konstruktion

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Pflegeaufwand [F2.2.2.1]
- Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch) [F2.2.2.2]
- Nährstoffversorgung [F2.2.2.3]

Der Pflegeaufwand in der Entwicklungsphase kann bei bodengebundenen Begrünungen ohne Kletterhilfen in Relation zu fassadengebundenen Systemen als sehr gering erachtet werden. Alternative F1 ist jedoch aufgrund der Wuchseigenschaften des immergrünen, stark verholzenden Efeus mit umfangreicheren Pflegearbeiten verbunden als Alternative F2 (Veitschii). (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018)

Grundsätzlich wird der Pflegeaufwand für alle Typen der bodengebundenen Begrünungen als

sehr gering eingeschätzt. Eine eventuelle Zusatzdüngung kann erforderlich sein. Eine künstliche Bewässerung wird in der Regel nicht benötigt, weshalb diese Systemgruppen als „hoch“ bzw. „sehr hoch“ bewertet wurden (Pfoser 2016, S54-57).

Aufgrund des hohen Pflegeaufwands in der Entwicklungsphase und des hohen Wasserverbrauchs während der Wachstumsphase bei Direktaussaaten, erfolgte für troggebundene Begrünungen und Regalsystemen eine Klassifizierung als „gering“ (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S92-97). Durch Vorkultivierung und eine gezielte, d.h. automatische und bedarfsgerechte, Wasserzufuhr kann der Verbrauch vermindert werden. In diesem Stadium haben die Pflanzen einen sehr hohen Bedarf an Flüssigdünger, wodurch diese Systemgruppen als „sehr gering“ eingestuft wurden. Wiederum kann durch die Zugabe von Depotdünger die Düngemenge reduziert werden. In diesen Fällen müsste eine „hohe“ Bewertung erfolgen. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018)

Bei modularen Systemen und flächigen Konstruktionen ist von einem hohen Pflegeaufwand auszugehen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S98-105). Vor allem letztere haben trotz einer gesteuerten Zufuhr einen immens hohen Wasserbedarf. Darüber hinaus ist für die Vegetationsentwicklung die Beigabe von großen Mengen an Flüssigdünger erforderlich. Abgesehen von einem hohen Ressourcenverbrauch hat die Verwendung von Flüssigdünger auch negative Auswirkungen auf die Lebensdauer der Systeme, da durch chemische Reaktionen die Leitungen schneller verschleifen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S70-74). Bei der Verwendung von Depotdünger erzielen diese Systeme eine bessere Wertung. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018)

5.2.2.1.4 Subziel: Erhaltungspflege (Aufwand, Bewässerung, Nährstoffversorgung)

Tabelle 50: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Erhaltungspflege (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN FASSADENBEGRÜNUNG							
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
KOSTEN UND AUFWÄNDE			BBoK Efeu	BBoK Veitschii	BBmK s	BBmK f	TB	R/Pf	MS	FK
Subziel	Code adapt.	Bewertungskriterium								
Erhaltungspflege	F2.2.3.1.	Pflegeaufwand								
	F2.2.3.2.	Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)								
	F2.2.3.3.	Nährstoffversorgung					10 11	10 11	10 11	10 11

Systemspezifische Faktoren:

(10) ... mit Flüssigdünger

(11) ... mit Depotdünger

Legende:

 sehr gering

 gering

 hoch

 sehr hoch

BBoK Efeu

BBoK Veitschii

BBmK s

BBmK f

TB

R/Pf

MS

FK

Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe *Efeu*

Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe *Veitschii*

Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - starr

Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel

Troggebundene Begrünung

Regalsysteme / Pflanzregale

Modulare Systeme

Flächige Konstruktion

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Pflegeaufwand [F2.2.3.1.]
- Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch) [F2.2.3.2.]
- Nährstoffversorgung [F2.2.3.3.]

Mit bodengebundenen Begrünungen ist in der Erhaltungsphase relativ wenig Pflegeaufwand verbunden. Sämtliche Pflegearbeiten sind nach Bedarf durchzuführen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S70f). Durch eine etwaige künstliche Bewässerung und Nährstoffzufuhr ergibt sich für gewöhnlich nur ein geringer Mehraufwand. Bei bodengebundenen Begrünungen ohne Kletterhilfen kann durch die Verwendung von weniger starkwüchsigen Arten (Veitschii) der Pflegeaufwand vermindert werden. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018)

Wandgebundene Systemlösungen wurden hinsichtlich des Pflegeaufwands als „gering“ bewertet, da diese in der Erhaltung sehr viel pflegeintensiver sind. Im Vergleich zu bodengebundenen Fassadenbegrünungen verursachen sie einen hohen Wasserverbrauch, jedoch wird eine bedarfsgerechte Bewässerung der Pflanzen ermöglicht (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S70-74). Sofern bei diesen Systemlösungen Depotdünger für die Nährstoffzufuhr verwendet wird, können diese als „hoch“ bewertet werden. Flüssigdünger wirkt sich aus bereits genannten Gründen negativ auf die Performance dieser Systeme aus, weshalb diese auch als „gering“ bewertet werden können. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018)

5.2.2.1.5 Subziel: Wartung und Instandhaltung technischer Bestandteile

Tabelle 51: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Wartung und Instandhaltung technischer Bestandteile (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN FASSADENBEGRÜNUNG							
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
KOSTEN UND AUFWÄNDE			BBoK Efeu	BBoK Veitschii	BBmK s	BBmK f	TB	R/Pf	MS	FK
Subziel	Code adapt.	Bewertungskriterium								
Wartung und Instandhaltung technischer Bestandteile	F2.2.4.1.	Wartungs- & Instandhaltungsaufwand								

Legende:

- sehr gering
- gering
- hoch

- BBoK Efeu Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe *Efeu*
- BBoK Veitschii Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe *Veitschii*
- BBmK s Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - starr
- BBmK f Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel
- TB Troggebundene Begrünung
- R/Pf Regalsysteme / Pflanzregale
- MS Modulare Systeme
- FK Flächige Konstruktion

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Wartungs- und Instandhaltungsaufwand [F2.2.4.1.]

Der Wartungs- bzw. Instandhaltungsaufwand und die damit einhergehenden Kosten sind grundsätzlich abhängig vom Begrünungstyp und der Zugänglichkeit zu den Systemen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S71).

Für bodengebundene Begrünungen ohne Kletterhilfen ist naturgemäß keine Sekundärkonstruktion notwendig. Trotzdem müssen Kontrollgänge idealerweise zweimal jährlich bzw. nach Bedarf durchgeführt werden (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S71). Je nach Pflanzenart sind damit unterschiedlich intensive Pflegearbeiten verbunden.

Efeu (Alternative F1) ist ein starkwüchsiger Selbstklimmer, wodurch eine häufigere Überprüfung von sensiblen Fassadenbereichen notwendig ist um Bauschäden zu vermeiden. Bei der schwachwüchsigeren Veitschii-Variante (Alternative F2) ist die Gefahr einer

Beschädigung des Daches oder der Fassade geringer bzw. nicht gegeben. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018)

Zur Überprüfung der technischen Systemkomponenten müssen bei bodengebundenen Begrünungen mit Kletterhilfen ebenfalls Kontrollgänge nach Bedarf bzw. zweimal jährlich getätigt werden (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S71).

Wandgebundene Systemlösungen sind technisch komplexer. Da die Pflanzen für ihre Entwicklung auf die Funktionstauglichkeit der (automatischen) Bewässerungs- und Düngeanlagen angewiesen sind, verursachen diese Systeme einen tendenziell höheren Wartungs- und Instandhaltungsaufwand (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S71ff).

5.2.2.2 Dauerhaftigkeit

5.2.2.2.1 Subziel: Schutz der Bausubstanz (Physischer Materialschutz)

Tabelle 52: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Schutz der Bausubstanz (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN FASSADENBEGRÜNUNG							
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
DAUERHAFTIGKEIT			BBoK Efeu	BBoK Veitschii	BBmK s	BBmK f	TB	R/Pf	MS	FK
Subziel	Code adapt.	Bewertungskriterium								
Schutz der Bausubstanz	F2.3.1.1.	Schutz der Fassade durch physischen Materialschutz	12		3		3			

Systemspezifische Faktoren:

- (3) ... bei flächiger Begrünung
- (12) ... nur bei entsprechender Wartung

Legende:

	trifft bedingungslos zu	BBoK Efeu	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Efeu</i>
	trifft bedingt zu	BBoK Veitschii	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Veitschii</i>
	trifft bedingt zu	BBmK s	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - starr
	neutral bzw. irrelevant	BBmK f	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel
	trifft teilweise zu	TB	Troggebundene Begrünung
		R/Pf	Regalsysteme / Pflanzregale
		MS	Modulare Systeme
		FK	Flächige Konstruktion

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Schutz der Fassade durch physischen Materialschutz [F2.3.1.1.]

Fassadenbegrünungen haben das Potenzial zu einer Lebenszyklusverlängerung des Gebäudes beizutragen. Pflanzen bieten einen physischen Schutz vor Umwelteinflüssen wie Wind, Hagel oder UV-Strahlung und können außerdem weitere mechanische Einwirkungen, z. B. Schäden durch die Bildung von Spechtlöchern, abwehren. Darüber hinaus ist durch die Begrünung von Wänden ein Schutz gegen chemische Einflüsse wie Graffiti gegeben (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S28). Die Effektivität dieser Schutzfunktion ist abhängig von der Ausführungsform und der Vegetationsdichte. Folglich sind flächige Begrünungsmaßnahmen besser geeignet als punktuelle. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018)

Bodengebundene Begrünungen ohne Kletterhilfen wurden unter der Annahme eines ausreichend dichten Bewuchses als „hoch“ bewertet, wobei bei Alternative F1 (Efeu) eine entsprechende Wartung und Pflege notwendig ist.

In flächiger Ausführung können bodengebundene Begrünungen mit Kletterhilfen bezüglich ihrer Gebäudeschutzfunktion als „hoch“ erachtet werden. Punktuelle Begrünung haben dahingehend nur einen sehr geringen bzw. keinen Effekt.

Durch Vorkultivierung ist bei troggeordneten Systemen und bei Regalsystemen eine sofortige Begrünung möglich (Pfoser 2016, S58f). Außerdem wurden aufgrund der raschen Flächenwirkung und dem Potenzial, durch die verschiedenen Pflanzengesellschaften einen hohen Grad an Biomasse zu erzielen, diese Systemlösungen als „hoch“ bewertet.

Für Modulare Systeme und flächige Konstruktionen erfolgte eine Klassifizierung als „sehr hoch“. Neben einer raschen und (voll)flächigen Begrünung, ermöglichen sie im Idealfall dichten und heterogenen Vegetationsbestand einen effektiven Schutz der Fassade.

5.2.2.3 Energetische Relevanz

5.2.2.3.1 Subziel: Dämmfunktion (Wärmeverlust, -eindringung)

Tabelle 53: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Dämmfunktion (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN FASSADENBEGRÜNUNG							
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
ENERGETISCHE RELEVANZ			BBoK Efeu	BBoK Veitschii	BBmK s	BBmK f	TB	R/Pf	MS	FK
Subziel	Code adapt.	Bewertungskriterium								
Dämmfunktion	F2.4.1.1.	Reduktion Wärmeverlust / Wärmepufferwirkung	13	14	3	3				
	F2.4.1.2.	Kühlung der Fassade / Schutz vor Wärme-eindringung	13	14	3	3				
	F2.4.1.3.	Verschattung der Fenster / Einsparung technischer Verschattungsanlagen								

Systemspezifische Faktoren:

- (3) ... bei flächiger Begrünung
- (13) ... im Winter
- (14) ... solarer Gewinn durch Sonneneinstrahlung (Winter)

Legende:

	sehr hoch	BBoK Efeu	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Efeu</i>
	hoch	BBoK Veitschii	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Veitschii</i>
		BBmK s	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - starr
	neutral	BBmK f	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel
	gering	TB	Troggebundene Begrünung
		R/Pf	Regalsysteme / Pflanzregale
		MS	Modulare Systeme
		FK	Flächige Konstruktion

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Reduktion Wärmeverlust / Wärmepufferwirkung [F2.4.1.1.]

Aufgrund der entstehenden Pufferwirkung zwischen Pflanze, Sekundärkonstruktion und Gebäudehülle besitzen Fassadenbegrünungen das Potenzial zur ganzjährigen

Energieeinsparung. In weiterer Folge können dadurch die Heizkosten minimiert werden. Der Wärmedurchgang (bzw. -verlust) aus einem Gebäude ist einerseits vom Fassadentyp, andererseits von der Vegetationsdichte und der Artenzusammensetzung abhängig (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S29). Demzufolge verfügen insbesondere wandgebundene Systeme über eine hohe Dämmfunktion. Exakte Aussagen bezüglich der Dämmleistung eines Fassadenbegrünungstyps lassen sich mithilfe des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) tätigen. Das genaue Ausmaß der Wärmepufferwirkung richtet sich nach der technischen Ausführung der Sekundärkonstruktion und der Anordnung der Begrünungselemente an der Fassade (Pfoser 2016, S76-78).

Dahingehend wurden modulare Systemlösungen und flächige Konstruktionen als „sehr hoch“ bewertet. Diese vorgehängten, hinterlüfteten Systeme haben eine ausgesprochen gute Wärmepufferwirkung. Für troggebundene Begrünungen und Regalsysteme erfolgte eine Einstufung als „hoch“ (Pfoser 2016, S76-78).

Bodengebundene Begrünungen mit Kletterhilfen in flächiger Ausführung wurden ebenfalls mit „hoch“ bewerten. Als lineare bzw. punktuelle Maßnahme hingegen leisten sie nur einen unwesentlichen Beitrag zur Reduktion des Wärmedurchgangs aus einem Gebäude.

Bodengebundene Begrünungen ohne Kletterhilfen wurden grundsätzlich als „hoch“ bewertet, jedoch entscheidet die Pflanzenwahl über die Intensität der Dämmwirkung (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S29). Efeu als immergrüne Pflanze mit viel Blattmasse ist in den Wintermonaten besonders gut geeignet den Wärmeverlust zu reduzieren. Im Gegensatz dazu ist die Wärmepufferwirkung von Veitschii nach Laubabwurf praktisch irrelevant, wodurch diese Variante der Bodengebundenen Begrünungen ohne Kletterhilfen auch mit „gering“ bewertet werden musste. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018)

- Verschattung der Fassade / Schutz vor Wärmeeindringung [F2.4.1.2.]

Unbegrünte Wände neigen dazu sich in den Sommermonaten stark zu erhitzen, wodurch einerseits der Urban Heat Island-Effekt verstärkt, und andererseits das Innenraumklima verschlechtert wird (Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22 2015, S63). Fassadenbegrünungen bieten Schutz vor Wärmeeindringung in ein Gebäude indem durch die zusätzliche Verschattung eine Kühlwirkung eintritt. Darüber hinaus können dadurch die Kosten für Klimaanlage, Belüftungen, etc. minimiert werden. Die Intensität dieses Kühlungseffekts ist abhängig von der Vegetationsdichte, den kultivierten Pflanzengesellschaften und vom Fassadentyp des Gebäudes (Pfoser 2016, S80-83).

Demnach wurden modulare Systeme und flächige Konstruktionen mit vertikalen Vegetationsflächen als „sehr hoch“ bewertet. Auch troggebundene Systemlösungen und Regalsysteme bieten einen guten Schutz vor Wärmeeindringung, weshalb diese als „hoch“ klassifiziert wurden.

Bodengebundene Begrünungen mit Kletterhilfen haben ebenfalls eine positive bzw. „hohe“ Wirkung, vorausgesetzt sie werden in flächiger Bauweise ausgeführt. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018)

Bodengebundene Begrünungen ohne Kletterhilfen können generell mit „hoch“ eingestuft werden. Abermals entscheidet die Pflanzenwahl über die tatsächliche Eignung. Demnach kann Alternative F2 (Veitschii) auch als „sehr hoch“ bewertet werden, da durch den Laubabwurf in den Wintermonaten solare Gewinne durch die Sonneneinstrahlung erzielt werden können. Die Fassade hat dadurch die Möglichkeit sich zu erwärmen (Pfoser 2016, S80). Bei Alternative F1 (Efeu) ist hingegen im Winter keine Verschattung erwünscht, wodurch diese Variante auch mit „gering“ bewertet werden musste.

- Verschattung der Fenster / Einsparung technischer Verschattungsanlagen **[F2.4.1.3.]**

Fassadenbegrünungen können als Ersatz für technische Verschattungselemente wie Rollläden, Fensterläden, Rollos, Jalousien, etc. dienen. Die gepflanzte Vegetation spendet Schatten, wodurch in den Innenräumen eine Kühlwirkung eintritt. Darüber hinaus fungieren die Pflanzen als natürlich gewachsener Sichtschutz. Durch die Verwendung von Fassadenbegrünungen als Verschattungs- und Sichtschutzelement können Ressourcen eingespart werden (Pfoser 2016, S79).

Bodengebundene Begrünungen ohne Kletterhilfen wurden aufgrund ihres „unkontrollierten“ Wachstums als „gering“ bewertet.

Bei bodengebundenen Begrünungen mit Kletterhilfen kann der Pflanzenwuchs „kontrolliert“ geleitet werden. Bei troggebundenen Fassadenbegrünungen und Systemlösungen mit senkrechten Vegetationsflächen wird das Pflanzenwachstum durch die Pflanzgefäße limitiert. Diese Systemgruppen konnten „hoch“ klassifiziert werden.

Durch den systemspezifischen Aufbau von Regalsystemen besteht die Möglichkeit ein breites Artenspektrum zu kultivieren und somit eine hohe Begrünungsdichte zu erzielen. Außerdem sind Pflanzregale aufgrund ihrer Lichtdurchlässigkeit dazu geeignet vor Fenstern oder Glasfassaden angebracht zu werden und so eine Beschattung der Innenräume zu ermöglichen (Pfoser et al 2013, S47). Demnach wurde diese Systemgruppe als „sehr hoch“ bewertet.

5.2.3 Bewertung der Systemgruppen zur Fassadenbegrünung: Ökologische und soziale Komponenten

5.2.3.1 Stadtökologie – Flora und Fauna

5.2.3.1.1 Subziel: Habitatschaffung und Biodiversität

Tabelle 54: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Habitatschaffung und Biodiversität (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN FASSADENBEGRÜNUNG							
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
FLORA UND FAUNA			BBoK Efeu	BBoK Veitschii	BBmK s	BBmK f	TB	R/Pf	MS	FK
Subziel	Code adapt.	Bewertungskriterium								
Habitatschaffung und Biodiversität	F3.1.1.1.	Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen und Grünkorridoren	sehr hohes Potenzial	sehr hohes Potenzial	hohes Potenzial	hohes Potenzial	hohes Potenzial	geringes Potenzial	neutral bzw. irrelevant	17
	F3.1.1.2.	Artenvielfalt (Flora)	geringes Potenzial	geringes Potenzial	hohes Potenzial	hohes Potenzial	hohes Potenzial	hohes Potenzial	sehr hohes Potenzial	sehr hohes Potenzial
	F3.1.1.3.	Ausgleichsflächen für durch Bebauung verloren gegangene Areale	neutral bzw. irrelevant	neutral bzw. irrelevant	neutral bzw. irrelevant	neutral bzw. irrelevant	neutral bzw. irrelevant	neutral bzw. irrelevant	neutral bzw. irrelevant	neutral bzw. irrelevant

Systemspezifische Faktoren:

(17) ... wenn Nistmodule eingebaut

Legende:

	sehr hohes Potenzial	BBoK Efeu	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Efeu</i>
	hohes Potenzial	BBoK Veitschii	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Veitschii</i>
	hohes Potenzial	BBmK s	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - starr
	neutral bzw. irrelevant	BBmK f	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel
	geringes Potenzial	TB	Troggebundene Begrünung
	neutral bzw. irrelevant	R/Pf	Regalsysteme / Pflanzregale
	geringes Potenzial	MS	Modulare Systeme
	neutral bzw. irrelevant	FK	Flächige Konstruktion

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen und Grünkorridoren [F3.1.1.1.]

Durch Fassadenbegrünungen entstehen neue Lebensräume für unterschiedliche Tierarten wie Insekten, Vögel oder Fledermäuse. Darüber hinaus dienen sie der Biotopvernetzung durch die Schaffung zusätzlicher Areale (Pfoser 2016, S97). Die Eignung als potenzieller Lebensraum ist hierbei von der Artenzusammensetzung, sowie von der Vegetationsdichte und der Substratvielfalt abhängig. Darüber hinaus müssen neue Habitate frei von Störungen sein um angenommen zu werden. Somit sind die Lage bzw. der Standort des Habitats entscheidend. Letztlich bestimmt die Form der Begrünung über das Potenzial einer Maßnahme, z.B. ob Zwischenräume für Nistplätze eingeplant wurden, Nisthilfen angebracht werden können, usw. (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S25ff).

Maßgebend für eine Bewertung ist die Frage nach den Zielarten. Welche Habitate sollen für welche Tiergruppen geschaffen werden? Die Bewertung richtete sich nach der Anzahl der Funktionen, die mit den unterschiedlichen Begrünungstypen erfüllt werden können. Beispielsweise wurden für Vögel die Funktionen Nahrung, Nisten und Nutzen angenommen.

Nahrung: Die unterschiedlichen Pflanzen produzieren Früchte und locken Insekten an, die diversen Vogelarten als Nahrungsquelle dienen.

Nisten: Ausgewählte Bereiche der Vegetation bzw. der Sekundärkonstruktion können als Brutstätte und zum Nestbau genutzt werden.

Nutzen: Ausgewählte Bereiche der Vegetation bzw. der Sekundärkonstruktion dienen als Aufenthaltsort oder Treffpunkt, bieten Versteckmöglichkeiten, etc.

*Tabelle 55: Lebensraumfunktionen von Fassadenbegrünungen am Beispiel Vögel, nach: V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018 (Eigene Erstellung)*

Begrünungstyp	Alternative	Funktion
Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe	Alternative F1 (Efeu) Alternative F2 (Veitschii)	Nahrung + Nisten
Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfen	Alternative F3 (starr) Alternative F4 (flexibel)	Nutzen
Troggebundene Begrünung	Alternative F5	Nahrung, Nisten + Nutzen
Regalsysteme/Pflanzregale	Alternative F6	Nutzen aufgrund des technischen Aufbaus wenig Platz für zusätzliche Funktionen
Modulare Systeme mit senkrechten Vegetationsflächen	Alternative F7	Nahrung + Nisten Nisten nur wenn Nistmodule eingebaut wurden
Flächige Konstruktionen mit senkrechten Vegetationsflächen	Alternative F8	Nahrung

- Artenvielfalt (Flora) **[F3.1.1.2.]**

In diesem Bewertungsschritt wurden die Gestaltungsmöglichkeiten der unterschiedlichen Systemgruppen bzw. das Potenzial, durch eine artenreiche Vegetationszusammensetzung die Biodiversität zu erhöhen, abgeschätzt. Dabei steht die Möglichkeit zur Steigerung der Artenvielfalt in enger Korrelation mit der Pflanzenwahl (Pfoser 2016, S97).

Die Bewertung richtete sich nach der Anzahl der potenziell kultivierbaren Pflanzengesellschaften.

Demnach wurden bodengebundene Begrünungen ohne Kletterhilfen als „gering“ eingestuft, da sich nur eine recht überschaubare Anzahl an Selbstklimmern für die Ausgestaltung einer Fassadenbegrünung eignen (Pfoser 2016, S216ff).

Bodengebundene Begrünungen mit Kletterhilfen, ebenso wie troggebundene Begrünungen und Regalsysteme wurden als „hoch“ klassifiziert. Bei der Kultivierung kann auf ein relativ großes Pflanzenspektrum zurückgegriffen werden, wodurch ein mittleres bis hohes Potenzial zur Erhöhung der Biodiversität gegeben ist (Pfoser 2016, S218-253).

Für modulare Systeme und flächige Konstruktionen mit vertikalen Vegetationsflächen erfolgte die Bewertung als „sehr hoch“.

Die Kultivierung heterogener Pflanzengesellschaften gilt bei fassadengebundenen Systemlösungen als Grundvoraussetzung um als „hoch“ bzw. „sehr hoch“ beurteilt werden zu können. Bei Monokulturen ist ein niedrigeres Potenzial zur Steigerung der Artenvielfalt anzunehmen. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018)

- Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorengegangene Areale **[F3.1.1.3.]**

Fassadenbegrünungen können bei Bautätigkeiten aus raumplanerischer und naturschutzfachlicher Sicht eine Ausgleichsfunktion erfüllen. Durch deren Etablierung erhöht sich der Anteil an Vegetationsflächen, wodurch Ersatzhabitats für Pflanzen und Tiere geschaffen werden (Pfoser et al. 2013, S201).

Für eine Bewertung lässt sich die Eignung einer bestimmten Systemlösung nur anlassbezogen feststellen. Demnach wurden allen Begrünungstypen als „neutral“ eingestuft.

Um formell als Ausgleichsfläche fungieren zu können, sollten Gebäudebegrünungen entsprechend der gesetzlichen Vorgaben naturschutzrechtliche Mindeststandards erfüllen. In manchen Städten und Gemeinden können bei baulichen Eingriffen Dach- und Fassadenbegrünungen auch explizit behördlich vorgeschrieben werden ((Pfoser et al. 2013, S201).

5.2.3.2 Mikroklima

5.2.3.2.1 Subziel: Verdunstung und Verdunstungskälte (Hitzereduktion, Beschattung)

Tabelle 56: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Verdunstung/Verdunstungskälte (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN FASSADENBEGRÜNUNG									
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8		
MIKROKLIMA			BBoK Efeu	BBoK Veitschii	BBmK s	BBmK f	TB	R/Pf	MS	FK		
Subziel	Code adapt.	Bewertungskriterium										
Verdunstung bzw. Verdunstungskälte	F3.2.1.1.	Erhöhte Luftfeuchte durch Bewässerung und Transpiration	15	15	15	1	15	1	15	15	16	16
	F3.2.1.2.	Hitzereduktion durch Beschattung und Transpiration der Pflanzen	15	15	15	1	15	1	15	15	16	16

Systemspezifische Faktoren:

- (1) ... bei Ausführung als flächige Kletterhilfe
- (15) ... abhängig von Pflanzträger und Biomasse
- (16) ... flächige Verdunstung über wasserführende Vegetationsträger

Legende:

	sehr hohes Potenzial	BBoK Efeu	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Efeu</i>
	hohes Potenzial	BBoK Veitschii	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Veitschii</i>
		BBmK s	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - starr
		BBmK f	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel
		TB	Troggebundene Begrünung
		R/Pf	Regalsysteme / Pflanzregale
		MS	Modulare Systeme
		FK	Flächige Konstruktion

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Erhöhte Luftfeuchte durch Bewässerung und Transpiration [F3.2.1.1.]
- Hitzereduktion durch Beschattung und Transpiration der Pflanzen [F3.2.1.2.]

Die Evapotranspirationsleistung der Pflanzen und das Wasserspeichervermögen der Vegetationsträger bewirken einen durch Verdunstung von Wasser verursachten Kühlungseffekt. Indem sie das Stadtklima günstig beeinflussen, können Fassadenbegrünungen einen wichtigen Beitrag zur Minderung der negativen Auswirkungen von städtischen Hitzeinseln leisten. Dabei ist die Verdunstungsrate von der Vegetationsdichte (Biomasse) und der Artenzusammensetzung abhängig (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich

Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S16ff). Darüber hinaus gilt: Je intensiver die Begrünung, desto höher ist auch die Verdunstungsleistung. Die Dimensionierung der Pflanzgruben bzw. die Anzahl und Größe der Pflanzgefäße ist hierbei entscheidend. Durch mehr Substrat bzw. eine größere Pflanzträgeroberfläche können höhere Verdunstungsraten erreicht werden. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018)

Durch die Vegetation erfolgt außerdem eine Beschattung der Gebäudehülle und der angrenzenden Räume, was in der unmittelbaren Umgebung zu einer Hitzereduktion führt (Pfoser 2016, S44f).

Im Zuge dieses Bewertungsschrittes wurden sämtliche Systemgruppen unter Berücksichtigung von systemspezifischen Faktoren als „hoch“ bzw. „sehr hoch“ bewertet. Die Intensität der Verdunstung ist von den Pflanzträgern/Vegetationsträgern und der verfügbaren Biomasse abhängig. Die schwankenden Verdunstungsraten aufgrund der Materialität der Vegetationsträger (Substrat, Vlies, Steinwolle), sowie die divergenten Evapotranspirationsleistungen von unterschiedlichen Pflanzenarten, wurden in dieser Bewertung vernachlässigt (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, 64ff).

Dahingehend erzielen bodengebundene Begrünungstypen ohne Kletterhilfen gute bis sehr gute Ergebnisse. Bei bodengebundenen Begrünungen mit Kletterhilfen sind Systeme in flächiger Ausführung besonders wirksam. Troggebundene Systeme und Regalsysteme besitzen ebenfalls eine sehr gute Eignung. Aufgrund ihres technischen Aufbaus ist bei modularen und flächigen Systemlösungen eine flächige Verdunstung über die wasserführenden Vegetationsträger möglich. Sie sind ebenso gut bzw. sehr gut dazu geeignet der Hitze durch Verdunstung entgegenzuwirken. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018)

5.2.3.2.2 Subziel: Positive mikroklimatische Effekte (Dauer)

Tabelle 57: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Positive mikroklimatische Effekte (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN FASSADENBEGRÜNUNG							
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
MIKROKLIMA			BBoK Efeu	BBoK Veitschii	BBmK s	BBmK f	TB	R/Pf	MS	FK
Subziel	Code adapt.	Bewertungskriterium								
Positive mikroklimatische Effekte	F3.2.2.1.	Dauer bis zur Entfaltung positiver mikroklimatischer Wirkungen					8	8		

Systemspezifische Faktoren:
(8) ... bei Vorkultur

Legende:

	sehr kurzfristig	BBoK Efeu	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Efeu</i>
	kurz- bis mittelfristig	BBoK Veitschii	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Veitschii</i>
	mittel- bis langfristig	BBmK s	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - starr
		BBmK f	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel
		TB	Troggebundene Begrünung
		R/Pf	Regalsysteme / Pflanzregale
		MS	Modulare Systeme
		FK	Flächige Konstruktion

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Dauer bis zur Entfaltung positiver mikroklimatischer Wirkungen [F3.2.2.1.]

Fassadenbegrünungen besitzen ein mikroklimatisches Verbesserungspotenzial. Durch Verdunstung und Beschattung begünstigen sie die Kühlung des (Stadt-)Umfelds (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, 16ff). Darüber hinaus können Pflanzen durch ihre Fähigkeit zur Feinstaub-/CO₂-Bindung und Sauerstoffproduktion zu einer Verbesserung der Luftqualität in der unmittelbaren Umgebung beitragen (Pfoser 2016, S93). Die Dauer bis zum Eintritt dieser positiven mikroklimatischen Wirkungen richtet sich bei jedem Fassadenbegrünungstyp nach dessen Ausführung, sowie nach der Vegetationsdichte und der Artenzusammensetzung. Zudem sind der Grad und der Eintrittszeitpunkt dieser Effekte von der Intensität der Fassadenbegrünung, also von der Großflächigkeit der Maßnahmen, und der Dichte der Bewässerungsintervalle abhängig. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018) Ebenso können durch die Gebäudeanordnung günstige klimatische Situationen entstehen, aufgrund derer die positiven Auswirkungen einer Fassadenbegrünung schneller eintreten können, z.B. in Innenhöfen, etc. (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S16ff).

Die Bewertung richtete sich ausschließlich nach der Begründungsdauer (siehe Kriterium F1.2.2.1.), also nach der Zeit, die für die Erreichung eines vordefinierten Begründungsziels notwendig ist.

Aufgrund des relativ langsamen Pflanzenwachstums wurde die Dauer bis zur Entfaltung der positiven mikroklimatischen Wirkungen für bodengebundene Begrünungen ohne Kletterhilfen als langfristig angenommen, weshalb diese als „gering“ beurteilt wurden. Bei bodengebundenen Systemen mit Kletterhilfen ist von einer mittelfristigen Dauer auszugehen. Demnach wurden sie als „hoch“ bewertet.

Troggebundene Begrünungen und Regalsysteme wurden als „hoch“ bzw. „sehr hoch“ klassifiziert. Bei Vorkultivierung haben diese Systemlösungen eine sofortige mikroklimatische Relevanz.

Aufgrund der Möglichkeit einer Begrünung mit Vorkulturen bzw. einer üblicherweise raschen Vegetationsentwicklung bei modularen Systemen und flächigen Konstruktionen, konnten Alternative F7 und Alternative F8 als „sehr hoch“ eingestuft werden.

5.2.3.3 Regenwassermanagement

5.2.3.3.1 Subziel: Rückhalt, Speicherung und Verdunstung von H₂O (Abfluss)

Tabelle 58: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Rückhalt, Speicherung und Verdunstung von H₂O (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN FASSADENBEGRÜNUNG								
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	
REGENWASSERMANAGEMENT			BBoK Efeu	BBoK Veitschii	BBmK s	BBmK f	TB	R/Pf	MS	FK	
Subziel	Code adapt.	Bewertungskriterium									
Rückhalt, Speicherung, Verdunstung von H ₂ O	F3.3.1.1.	Minimierung von Abflussmengen und Abflussspitzen (Entlastung des Kanalsystems)	18	18	18	18	19	19	20	20	

Systemspezifische Faktoren:

- (18) ... wenn Pflanzgrube ausgeformt als Regengarten (bei ausreichendem Platzangebot)
- (19) ... wenn Brauchwasseranlage inkludiert
- (20) ... wenn Substrat/System erhöhten Wasserrückhalt aufweist

Legende:

	sehr hohes Potenzial	BBoK Efeu	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Efeu</i>
	hohes Potenzial	BBoK Veitschii	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Veitschii</i>
	neutral bzw. irrelevant	BBmK s	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - starr
		BBmK f	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel
		TB	Troggebundene Begrünung
		R/Pf	Regalsysteme / Pflanzregale
		MS	Modulare Systeme
		FK	Flächige Konstruktion

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Minimierung von Abflussmengen und Abflussspitzen (Entlastung des Kanalsystems) [F3.3.1.1.]

Durch Rückhalt, Speicherung und Verdunstung von Wasser besitzen Fassadenbegrünungen das Potenzial die Abflussmengen und Abflussspitzen zu minimieren. Dies führt zu einer Entlastung der Kläranlagen und des gesamten Kanalsystems, wodurch einerseits weniger Abwassergebühren für die Gebäudeeigentümer*innen entstehen, andererseits die Kosten für die Gemeinden und Stadtverwaltungen reduziert werden. Darüber hinaus können Fassadenbegrünungen durch den Rückhalt, die Speicherung und die Verdunstung von H₂O die negativen Folgen von Starkregenereignissen, beispielsweise bei Überflutungen, mindern. (Pfoser 2016, S90f).

Der Beitrag einer Systemlösung zu einem effizienten Regenwassermanagement ist abhängig vom technischen Aufbau der Fassadenbegrünung und der Wasserspeicherfähigkeit der verwendeten Vegetationsträger, sowie von der Vegetationsdichte und der Artenzusammensetzung (Pfoser 2016, S90f). Demnach lassen sich generelle Aussagen hierzu nur schwer tätigen, weshalb sämtliche Systemgruppen zunächst als „neutral“ bewertet wurden.

Unter Berücksichtigung der systemspezifischen Faktoren können bodengebundene Fassadenbegrünungstypen auch mit „sehr hoch“ bewertet werden, vorausgesetzt die Pflanzgruben sind als Regengärten ausgeformt. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018) Dabei muss zwingend darauf geachtet werden, dass Wasser am Gebäudefuß vom Gebäude weg abgeleitet wird. (J. Preiss, Expert*innen-Gespräch am 1.8.2018)

Troggebundene Begrünungen sind nur sinnvoll, wenn die Tröge einen Anstau zur Wasserbevorratung eingebaut haben. Bei kombinierter Nutzung mit einer Brauchwasseranlage können troggebundene Systeme mit „sehr hoch“ bewertet werden. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018)

Regalsysteme erweisen sich als effektiv, wenn die Vegetationsträger, bzw. die Systeme selbst, einen ausreichend hohen Wasserrückhalt aufweisen (Pfoser 2016, S90). In Kombination mit einer Brauchwasseranlage zur Sammlung von Regen- und Grauwasser kann von einer „sehr hohen“ Effektivität ausgegangen werden. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018)

Modulare Systemlösungen und flächige Konstruktionen wurden als „hoch“ bewertet, vorausgesetzt die Systeme bzw. Vegetationsträger besitzen einen erhöhten Wasserrückhalt (Pfoser 2016, S90).

5.2.3.4 Menschliches Wohlbefinden

5.2.3.4.1 Subziel: Lärmschutz (Schalleintrag, Reduktion)

Tabelle 59: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Lärmschutz (Eigene Erstellung)

Alternative			SYSTEMGRUPPEN FASSADENBEGRÜNUNG							
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
MENSCHLICHES WOHLBEFINDEN			BBoK Efeu	BBoK Veitschii	BBmK s	BBmK f	TB	R/Pf	MS	FK
Subziel	Code adapt.	Bewertungskriterium								
Lärmschutz	F3.4.1.1.	Reduktion des Schalleintrags in Gebäude			13					
	F3.4.1.2.	Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung			13					

Systemspezifische Faktoren:
(13) ... im Winter

Legende:

	sehr hohes Potenzial	BBoK Efeu	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Efeu</i>
	hohes Potenzial	BBoK Veitschii	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe <i>Veitschii</i>
	geringes Potenzial	BBmK s	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - starr
	geringes Potenzial	BBmK f	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel
		TB	Troggebundene Begrünung
		R/Pf	Regalsysteme / Pflanzregale
		MS	Modulare Systeme
		FK	Flächige Konstruktion

Bewertungs- bzw. Zielkriterien:

- Reduktion des Schalleintrags in Gebäude [F3.4.1.1.]
- Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung [F3.4.1.2.]

Die Schallwirkungen aus und in ein Gebäude können mit Hilfe von begrünten Fassaden reduziert werden, da die Blattoberflächen der Pflanzen den Schall mindern, streuen und dämpfen. Das Ausmaß dieser Reduktion ist unter anderem von der Vegetationsdichte, der Artenzusammensetzung, der Oberflächenstruktur der Vegetation und von den bautechnischen Spezifika der unterschiedlichen Fassadenbegrünungstypen abhängig (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume s.a., S22).

Bei bodengebundenen Begrünungen ist von einer mäßig starken Wirkung auszugehen, weshalb diese Systemgruppen als „hoch“ bewertet wurden. Bei der Verwendung von laubabwerfenden

Kletterpflanzen ist im Winter temporär keine Blattmasse vorhanden. Unter diesen Bedingungen musste Alternative F2 auch als „gering“ klassifiziert werden.

Für troggebundene Begrünungen und Regalsysteme wurde eine mäßig starke Schallminderung angenommen, wodurch diese als „hoch“ eingestuft wurden.

Das Potenzial zur Schallminderung bei modularen Systemen und flächigen Konstruktionen konnte als „sehr hoch“ bewertet werden. Insbesondere in (voll)flächiger Ausführung können die vorgehängten, hinterlüfteten Systeme mit Hilfe der Pflanzen, der Vegetationsträger und der senkrechten Pflanzgefäße einen effektiven Lärmschutz bewirken (Pfoser 2016, S95f).

6 Analyse – Teil 3: Bewertung von Bauwerksbegrünungsmaßnahmen mithilfe einer Nutzwertanalyse

6.1 Analyseschritt 5: Vorbereitende Arbeiten für die Durchführung einer Nutzwertanalyse

In diesem Analyseschritt erfolgte die Bestimmung der Erfüllungsgrade, um auf deren Basis eine Nutzwertanalyse durchführen zu können. Das bedeutet, dass der in der ersten Bewertung farblich festgelegte Bewertungsschlüssel, je nach Kriterium und Systemgruppe, entsprechend der in Kapitel 2.1.2 beschriebenen Vorgehensweise in Zahlenwerte umgewandelt wurde.

Wie in Abbildung 10 ersichtlich wurde beispielsweise für dunkelgrüne Zellen, aufgrund ihres „sehr hohen“ Beitrags zur Zielerfüllung, die höchste Anzahl an Erfüllungsgraden (5) angenommen. Im Gegensatz dazu leisten rote Felder nur einen „sehr geringen“ Beitrag zur Zielerfüllung, weshalb für diese die niedrigsten Erfüllungsgrade (1) vergeben wurden.

Erfüllungsgrade	
5	„sehr hoch“
4	„hoch“
3	„neutral“ oder „nicht definierbar“
2	„gering“
1	„sehr gering“

Abbildung 10: Angenommene Erfüllungsgrade analog zum Bewertungsschlüssel in Abb. 9 (Eigene Erstellung)

Um auch systemspezifischen Faktoren quantitativ erfassen zu können, wurden für diese Kriterien Grundpunkte und Extrapunkte vergeben. Die Erhebung des Beitrags eines Zielkriteriums zur Zielerfüllung erfolgt also anhand einer Minimum- oder Maximumpunktzahl. Dadurch konnten die systemspezifischen Faktoren bei der Ermittlung der Teilnutzwerte ebenfalls berücksichtigt werden. Durch die Bestimmung der Teilnutzwerte war es somit möglich, mittels Addition den Gesamtnutzen einer Alternative zu bestimmen. Auf Basis dessen wurden abschließend die Gesamtpunktezahlen der jeweiligen Begrünungsarten verglichen und eine Rangordnung erstellt (siehe Analyseschritt 7).

Die errechneten Minimum- bzw. Maximumwerte ergaben sich folglich aufgrund der mehr oder minder großen Anzahl an systemspezifischen Faktoren. Maximale Punktezahlen reflektieren den Optimalfall. Das heißt, dass bei der Bewertung eines bestimmten Ziel- bzw. Bewertungskriteriums die Möglichkeit einer maximalen Verbesserung angenommen wurde.

6.2 Analyseschritt 6: Gewichtung der Ziel- / Bewertungskriterien

Die in Analyseschritt 4 durchgeführte erste Bewertung erfolgte auf Basis einer möglichst neutralen Sichtweise. Dabei wurde stets von einer Verbesserung durch Dach- und Fassadenbegrünungen ausgegangen, entsprechend der auf Seite 45 festgelegten Maxime:

Unabhängig von den Rahmenbedingungen und äußeren Faktoren wird durch die Installation eines Begrünungssystems immer von einer objektbezogenen (= GEBÄUDE) und/oder gesamtgesellschaftlichen (= UMFELD) Verbesserung ausgegangen.

Als Grundannahme für die Standardbewertung wurde demnach eine möglichst ausgeglichene Gewichtung angenommen. Ergo würde sich bei der praktischen Umsetzung dieses Bewertungsverfahrens in einer realen Bausituation die Gewichtung je nach Stakeholder-Sicht verändern. Im Zuge der in Analyseschritt 8 getätigten Sensitivitätsanalyse wird darauf näher eingegangen, auch um zu verdeutlichen, wie sich eine abgeänderte Gewichtung auf die jeweiligen Gesamtnutzen der Alternativen auswirkt.

Bei der in Analyseschritt 7 durchgeführten Bewertung (in Anlehnung an HANUSCH 2011; KUNZE et al. 1974; VOEGELE et al. 2012) wurden also sämtlichen Ziel- bzw. Bewertungskriterien der nahezu gleiche Stellenwert eingeräumt. Dafür wurden die verfügbaren Punkte entsprechend der 100-Punkte-Regel (siehe Kapitel 2.1.2) auf alle Kriterien möglichst gleichwertig mit einer Gewichtung von jeweils 2 Punkten verteilt. Bei Subzielen mit überproportional vielen Ziel- bzw. Bewertungskriterien erfolgte eine niedrigere Gewichtung (mind. 1), da diese Kriterien ansonsten in der Berechnung überrepräsentiert wären. Folglich wurden Subziele mit nur einem Kriterium optional auch höher gewichtet (max. 3). Dies spiegelt sich folglich auch in den Gewichtungsfaktoren der einzelnen Subziele wider.

Die genauen Gewichtungen der jeweiligen Kriterien, die für die Bewertung der Dach- und Fassadenbegrünungssystemgruppen mittels Nutzwertanalyse herangezogen wurden, können in den nachfolgenden Tabellen (Tab. 60 und Tab. 61) abgelesen werden.

6.2.1 Zielgewichtung für Dachbegrünungen

Tabelle 60: Gewichtung der Ziel- bzw. Bewertungskriterien für Dachbegrünungssysteme (Eigene Erstellung)

Oberziel	Subziel	Gewichtungs- faktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungs- faktor ZK
Funktionalität = Technische Bewertungskomponenten	Tragfähigkeit	6	Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion	D1.1.1.1.	2
			Punktlast ist zu berücksichtigen	D1.1.1.2.	2
			Windsoglast ist zu berücksichtigen	D1.1.1.3.	2
	Zugänglichkeit	2	Konstruktiver und bautechnischer Aufwand für sichere Zugänglichkeit	D1.1.2.1.	2
	Begehbarkeit	2	Tragfähigkeit des Gesamtaufbaus und der Bepflanzung	D1.1.3.1.	2
	Rutsch- und Schubsicherungen	4	Rutsch- und Schubsicherungen mittels bautechnischer Maßnahmen erforderlich	D1.1.4.1.	2
			Rutsch- und Schubsicherungen mittels vegetationstechnischer Maßnahmen möglich	D1.1.4.2.	2
	Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	3	Wasseranschluß ist erforderlich	D1.1.5.1.	1,5
			Wuchsbegrenzung ist erforderlich	D1.1.5.2.	1,5
	Dachkonstruktionsaufbau	4	Geeignet für zweischaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung, durchlüftet (Kaltdach)	D1.1.6.1.	1
			Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau ohne Wärmedämmung	D1.1.6.2.	1
			Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung unter der Feuchtigkeitsabdichtung (Warmdach)	D1.1.6.3.	1
			Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung über der Feuchtigkeitsabdichtung (Umkehrdach)	D1.1.6.4.	1
	Pflanzentypen	9	Gräser / Kräuter	D1.2.1.1.	1,5
			Sedum	D1.2.1.2.	1,5
			Moos	D1.2.1.3.	1,5
			Stauden	D1.2.1.4.	1,5
			Gehölze	D1.2.1.5.	1,5
			Bäume	D1.2.1.6.	1,5
	Begrünungsverfahren	4	Kultivierungsmöglichkeiten (Einsatz von Vegetationsträgern)	D1.2.2.1.	2
Pflanzung oder Saat			D1.2.2.2.	2	
Flächenwirkung	4	Gestalt / Vielfalt	D1.2.3.1.	2	
		Dauer bis zum Erreichen der Zielvegetation	D1.2.3.2.	2	
Kosteneffizienz = Ökonomische Bewertungskomponenten	Ausführung / Errichtung	2	Investitionsaufwand (Errichtungskosten)	D2.1.1.1.	2
	Anwuchspflege	6	Pflegeaufwand	D2.1.2.1.	2
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	D2.1.2.2.	2
			Nährstoffversorgung	D2.1.2.3.	2
	Entwicklungspflege	6	Pflegeaufwand	D2.1.3.1.	2
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	D2.1.3.2.	2
Nährstoffversorgung			D2.1.3.3.	2	

Oberziel	Subziel	Gewichtungs- faktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungs- faktor ZK	
Kosteneffizienz = Ökonomische Bewertungskomponenten	Erhaltungspflege	6	Pflegeaufwand	D2.1.4.1.	2	
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	D2.1.4.2.	2	
			Nährstoffversorgung	D2.1.4.3.	2	
	Wartung & Instandhaltung technischer Bauteile	2	Wartungs- und Instandhaltungsaufwand	D2.1.5.1.	2	
	Schutz der Bausubstanz	2	Schutz der Dachhaut durch physischen Materialschutz	D2.2.1.1.	2	
	Dämmfunktion	4	Reduktion Wärmeverlust (Wärmepufferwirkung)	D2.3.1.1.	2	
			Kühlung des Daches / Schutz vor Wärmeeindringung	D2.3.1.2.	2	
	Verbesserung der Lebensqualität = Soziale & Ökologische Bewertungskomponenten	Habitatschaffung und Biodiversität	6	Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen und Grünkorridoren	D3.1.1.1.	2
				Artenvielfalt (Flora)	D3.1.1.2.	2
				Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorene Areale	D3.1.1.3.	2
Verdunstung / Verdunstungskälte		6	Hitzereduktion durch versickerungsfähige Oberflächen	D3.2.1.1.	2	
			Hitzereduktion durch Beschattung und Transpiration der Pflanzen	D3.2.1.2.	2	
			Erhöhte Verdunstungsrate durch Speicherung von Niederschlagswasser	D3.2.1.3.	2	
Schadstoffbindung und O2 Produktion		6	CO2 Bindung durch Vegetation	D3.2.2.1.	2	
			Potenzial für Feinstaubbindung	D3.2.2.2.	2	
			CO2 Einsparung durch Schaffung von Freiräumen vor Ort "Stadt der kurzen Wege"	D3.2.2.3.	2	
Rückhalt, Speicherung, Verdunstung von H2O		4	Minimierung von Abflussmengen und Abflussspitzen (Entlastung des Kanalsystems)	D3.3.1.1.	2	
			Wasserrückhalt / Abflussverzögerung	D3.3.1.2.	2	
Lärmschutz		4	Reduktion des Schalleintrags in Gebäude	D3.4.1.1	2	
			Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung	D3.4.1.2	2	
Soziale Interaktionen		2	Potenzielle Freiräume für unterschiedliche Nutzer*innengruppen	D3.4.2.1.	2	
Erneuerbare Energie		2	Kombination Dachbegrünung mit Photovoltaik - Steigerung des Energieertrags durch Kühlwirkung	D3.5.1.1.	2	
Urban Farming / Lebensmittel- produktion		2	Möglichkeit der Nahrungsmittelproduktion	D3.5.2.1.	2	
Erweiterung des Lebensraums		2	Schaffung von Wohnraum / Nutzfläche / Öffentlichen Raum	D3.5.3.1.	2	
Summe gSZ =		100	Summe gZK =		100	

6.2.2 Zielgewichtung für Fassadenbegrünungen

Tabelle 61: Gewichtung der Ziel- bzw. Bewertungskriterien für Fassadenbegrünungssysteme (Eigene Erstellung)

Oberziel	Subziel	Gewichtungs- faktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungs- faktor ZK
Funktionalität = Technische Bewertungskomponenten	Tragfähigkeit und Statik	9	Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion	F1.1.1.1.	2
			Prüfung des Wuchsuntergrundes notwendig	F1.1.1.2.	1,5
			Statischer Nachweis erforderlich	F1.1.1.3.	2
			Anforderung an tragende Bauteile	F1.1.1.4.	2
			Verankerung notwendig	F1.1.1.5.	1,5
	Fassadentyp	6	Eignung für den Fassadentyp Massivkonstruktion	F1.1.2.1.	2
			Eignung für den Fassadentyp Wärmedämmverbund	F1.1.2.2.	2
			Eignung für vorgehängte hinterlüftete Fassaden	F1.1.2.3.	2
	Platzbedarf	3	Notwendige Distanz zur Fassade	F1.1.3.1.	3
	Materialeinsatz & -aufwand	6	Aufwand für Kletterhilfe	F1.1.4.1.	2
			Aufwand für Pflanzgefäß	F1.1.4.2.	2
			Kumulierter Materialaufwand	F1.1.4.3.	2
	Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	6	Anschluss notwendig (Strom, Wasser) in der Betriebsphase	F1.1.5.1.	2
			Wuchsbegrenzung zum Schutz der Fassade notwendig	F1.1.5.2.	2
			Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten erforderlich	F1.1.5.3.	2
	Pflanzentypen	12	Sedum / Moose	F1.2.1.1.	2
			Gräser / Kräuter	F1.2.1.2.	2
			Stauden	F1.2.1.3.	2
			Kletterpflanzen - einjährig	F1.2.1.4.	2
			Kletterpflanzen - mehrjährig, verholzend	F1.2.1.5.	2
			Gehölze	F1.2.1.6.	2
Flächenwirkung	3	Begrünungsdauer	F1.2.2.1.	3	
Kosteneffizienz = Ökonomische Bewertungskomponenten	Ausführung / Errichtung	3	Investitionsaufwand (Errichtungskosten)	F2.1.1.1.	3
	Anwuchspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.1.1.	2
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.1.2.	2
			Nährstoffversorgung	F2.2.1.3.	2
	Entwicklungspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.2.1.	2
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.2.2.	2
			Nährstoffversorgung	F2.2.2.3.	2
	Erhaltungspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.3.1.	2
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.3.2.	2
Nährstoffversorgung			F2.2.3.3.	2	

Oberziel	Subziel	Gewichtungs- faktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungs- faktor ZK
Kosteneffizienz = Ökonomische Bewertungskomponenten	Wartung & Instandhaltung technischer Bauteile	3	Wartungs- und Instandhaltungsaufwand	F2.2.4.1.	3
	Schutz der Bausubstanz	3	Schutz der Fassade durch physischen Materialschutz	F2.3.1.1.	3
	Dämmfunktion	6	Reduktion Wärmeverlust (Wärmepufferwirkung)	F2.4.1.1.	2
			Kühlung des Fassade / Schutz vor Wärmeeindringung	F2.4.1.2.	2
			Verschattung der Fenster / Einsparung technischer Verschattungsanlagen	F2.4.1.3.	2
	Verbesserung der Lebensqualität = Soziale & Ökologische Bewertungskomponenten	Habitatschaffung und Biodiversität	6	Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen und Grünkorridoren	F3.1.1.1.
Artenvielfalt (Flora)				F3.1.1.2.	2
Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorenegegangene Areale				F3.1.1.3.	2
Verdunstung / Verdunstungskälte		6	Erhöhte Luftfeuchte durch Bewässerung und Transpiration	F3.2.1.1.	3
			Hitzereduktion durch Beschattung und Transpiration der Pflanzen	F3.2.1.2.	3
Positive mikroklimatische Effekte		3	Dauer bis zur Entfaltung positiver mikroklimatischer Wirkungen	F3.2.2.1.	3
Rückhalt, Speicherung, Verdunstung von H2O		3	Minimierung von Abflussmengen und Abflussspitzen (Entlastung des Kanalsystems)	F3.3.1.1.	3
Lärmschutz		4	Reduktion des Schalleintrags in Gebäude	F3.4.1.1.	2
	Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung		F3.4.1.2.	2	
Summe gSZ =		100	Summe gZK =		100

6.3 Analyseschritt 7: Bewertung der Systemgruppen (Alternativen) zur Dachbegrünung mithilfe einer Nutzwertanalyse

Dieser Analyseschritt diente dazu, die Gesamtnutzen (= Nutzwerte) der einzelnen Dachbegrünungssysteme zu ermitteln und zahlenmäßig zu erfassen. Hierfür wurden für jedes Ziel- bzw. Bewertungskriterium die angenommenen Gewichtungsfaktoren mit den – in der ersten (qualitativen) Bewertung erhobenen und anschließend in Zahlenwerte umgewandelten – Zielerfüllungsgraden multipliziert. Der Teilnutzen eines Kriteriums ergibt sich als Produkt dieses Rechenschritts. Durch Addition der Teilnutzen konnten für jede Alternative schließlich die Gesamtnutzen ermittelt werden.

Die nachfolgenden Tabellen (Tab. 62 bis Tab. 65) zeigen die für jede Alternative aufgestellte Teilnutzenmatrix inklusive des ermittelten Gesamtnutzens. Darauf aufbauend konnten die vier Systemgruppen für Dachbegrünungen entsprechend der Höhe ihrer Nutzwerte hierarchisch geordnet und schlussendlich die Ergebnisse der Nutzwertanalyse in einer Rangordnung dargestellt werden (siehe Tab. 66).

Nutzwertanalyse: Alternative D1 – Intensivbegrünung

Tabelle 62: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Intensivbegrünung (Eigene Erstellung)

Oberziel	Subziel	Gewichtungsfaktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungsfaktor ZK	Erfüllungsgrade	Teilnutzen	
Funktionalität	Tragfähigkeit	6	Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion	D1.1.1.1.	2	1	2	
			Punktlast ist zu berücksichtigen	D1.1.1.2.	2	1	2	
			Windsoglast ist zu berücksichtigen	D1.1.1.3.	2	1	2	
	Zugänglichkeit	2	2	Konstruktiver und bautechnischer Aufwand für sichere Zugänglichkeit	D1.1.2.1.	2	2	4
	Begehbarkeit	2	2	Tragfähigkeit des Gesamtaufbaus und der Bepflanzung	D1.1.3.1.	2	5	10
	Rutsch- und Schubsicherungen	4	Rutsch- und Schubsicherungen mittels bautechnischer Maßnahmen erforderlich	D1.1.4.1.	2	2	4	
			Rutsch- und Schubsicherungen mittels vegetationstechnischer Maßnahmen möglich	D1.1.4.2.	2	4	8	
	Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	3	Wasseranschluß ist erforderlich	D1.1.5.1.	1,5	2	3	
			Wuchsbegrenzung ist erforderlich	D1.1.5.2.	1,5	2	3	
	Dachkonstruktionsaufbau	4	Geeignet für zweischaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung, durchlüftet (Kaltdach)	D1.1.6.1.	1	3	3	
			Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau ohne Wärmedämmung	D1.1.6.2.	1	3	3	
			Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung unter der Feuchtigkeitsabdichtung (Warmdach)	D1.1.6.3.	1	3	3	
			Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung über der Feuchtigkeitsabdichtung (Umkehrdach)	D1.1.6.4.	1	3	3	
	Pflanzentypen	9	Gräser / Kräuter	D1.2.1.1.	1,5	5	7,5	
			Sedum	D1.2.1.2.	1,5	5	7,5	
			Moos	D1.2.1.3.	1,5	5	7,5	
			Stauden	D1.2.1.4.	1,5	5	7,5	
			Gehölze	D1.2.1.5.	1,5	5	7,5	
			Bäume	D1.2.1.6.	1,5	5	7,5	
	Begrünungsverfahren	4	Kultivierungsmöglichkeiten (Einsatz von Vegetationsträgern)	D1.2.2.1.	2	5	10	
			Pflanzung oder Saat	D1.2.2.2.	2	5	10	
Flächenwirkung	4	Gestalt / Vielfalt	D1.2.3.1.	2	5	10		
		Dauer bis zum Erreichen der Zielvegetation	D1.2.3.2.	2	5	10		
Kosteneffizienz	Ausführung / Errichtung	2	Investitionsaufwand (Errichtungskosten)	D2.1.1.1.	2	1	2	
	Anwuchspflege	6	Pflegeaufwand	D2.1.2.1.	2	2 / 4	4 / 8	
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	D2.1.2.2.	2	2	4	
			Nährstoffversorgung	D2.1.2.3.	2	2 / 4	4 / 8	
	Entwicklungspflege	6	Pflegeaufwand	D2.1.3.1.	2	2 / 4	4 / 8	
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	D2.1.3.2.	2	2	4	
			Nährstoffversorgung	D2.1.3.3.	2	2 / 4	4 / 8	
	Erhaltungspflege	6	Pflegeaufwand	D2.1.4.1.	2	1	2	
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	D2.1.4.2.	2	1	2	
Nährstoffversorgung			D2.1.4.3.	2	1	2		

Oberziel	Subziel	Gewichtungs-faktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungs-faktor ZK	Erfüllungs-grad	Teil-nutzen
Kosteneffizienz	Wartung & Instandhaltung technischer Bauteile	2	Wartungs- und Instandhaltungsaufwand	D2.1.5.1.	2	2	4
	Schutz der Bausubstanz	2	Schutz der Dachhaut durch physischen Materialschutz	D2.2.1.1.	2	5	10
	Dämmfunktion	4	Reduktion Wärmeverlust (Wärmepufferwirkung)	D2.3.1.1.	2	5	10
			Kühlung des Daches / Schutz vor Wärmeeindringung	D2.3.1.2.	2	5	10
Verbesserung der Lebensqualität	Habitatschaffung und Biodiversität	6	Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen und Grünkorridoren	D3.1.1.1.	2	5	10
			Artenvielfalt (Flora)	D3.1.1.2.	2	5	10
			Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorenegegangene Areale	D3.1.1.3.	2	5	10
	Verdunstung / Verdunstungskälte	6	Hitzereduktion durch versickerungsfähige Oberflächen	D3.2.1.1.	2	5	10
			Hitzereduktion durch Beschattung und Transpiration der Pflanzen	D3.2.1.2.	2	5	10
			Erhöhte Verdunstungsrate durch Speicherung von Niederschlagswasser	D3.2.1.3.	2	5	10
	Schadstoffbindung und O2 Produktion	6	CO2 Bindung durch Vegetation	D3.2.2.1.	2	5	10
			Potenzial für Feinstaubbindung	D3.2.2.2.	2	5	10
			CO2 Einsparung durch Schaffung von Freiräumen vor Ort "Stadt der kurzen Wege"	D3.2.2.3.	2	5	10
	Rückhalt, Speicherung, Verdunstung von H2O	4	Minimierung von Abflussmengen und Abflussspitzen (Entlastung des Kanalsystems)	D3.3.1.1.	2	5	10
			Wasserrückhalt / Abflussverzögerung	D3.3.1.2.	2	5	10
	Lärmschutz	4	Reduktion des Schalleintrags in Gebäude	D3.4.1.1	2	5	10
			Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung	D3.4.1.2	2	5	10
	Soziale Interaktionen	2	Potenzielle Freiräume für unterschiedliche Nutzer*innengruppen	D3.4.2.1.	2	5	10
	Erneuerbare Energie	2	Kombination Dachbegrünung mit Photovoltaik - Steigerung des Energieertrags durch Kühlwirkung	D3.5.1.1.	2	5	10
	Urban Farming / Lebensmittelproduktion	2	Möglichkeit der Nahrungsmittelproduktion	D3.5.2.1.	2	5	10
Erweiterung des Lebensraums	2	Schaffung von Wohnraum / Nutzfläche / Öffentlichen Raum	D3.5.3.1.	2	5	10	
Summe gSZ =		100	Summe gZK =		100	Gesamtnutzen	
						min.	371
						max.	387

Bei der Erfüllung von Oberziel 1 (Funktionalität) konnte Alternative D1 bezüglich des Subziels *Begehrbarkeit* einen beachtlich großen Teilnutzen erzielen (siehe Tab. 13). Die sehr hohe Tragfähigkeit des Gesamtaufbaus und der Bepflanzung steht in direkten Zusammenhang mit einem ermittelten starken Teilnutzen bei den vegetationstechnischen Zielsetzungen, insbesondere hinsichtlich der Subziele *Pflanzentypen* (siehe Tab. 18) und *Begrünungsverfahren* (siehe Tab. 19).

Darüber hinaus konnten maximale Punktzahlen bei der Zielerfüllung von Oberziel 3 (Verbesserung der Lebensqualität) erzielt werden. Demnach ist die Dicke des Schichtaufbaus

ein entscheidender Faktor für die hohen Teilnutzenwerte bei den stadtökologischen (siehe Tab. 29) und den mikroklimatischen Zielsetzungen (siehe Tab. 30 & Tab. 31), sowie bei den Zielen des Regenwassermanagements (siehe Tab. 32) und des menschlichen Wohlbefindens (siehe Tab. 33 & Tab. 35). Außerdem ergaben sich große Teilnutzen durch die Möglichkeit zur Mehrfachnutzung des Daches (siehe Tab. 36 bis Tab. 38).

Die Summe der ermittelten Teilnutzen ergab für Intensivbegrünungen (Alternative D1) einen Gesamtnutzen von mindestens 371 bzw. maximal 387 Punkten.

Nutzwertanalyse: Alternative D2 – Reduzierte Intensivbegrünung

Tabelle 63: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Reduzierte Intensivbegrünung (Eigene Erstellung)

Oberziel	Subziel	Gewichtungsfaktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungsfaktor ZK	Erfüllungsgrade	Teilnutzen
Funktionalität	Tragfähigkeit	6	Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion	D1.1.1.1.	2	2	4
			Punktlast ist zu berücksichtigen	D1.1.1.2.	2	4	8
			Windsoglast ist zu berücksichtigen	D1.1.1.3.	2	4	8
	Zugänglichkeit	2	Konstruktiver und bautechnischer Aufwand für sichere Zugänglichkeit	D1.1.2.1.	2	2	4
	Begehrbarkeit	2	Tragfähigkeit des Gesamtaufbaus und der Bepflanzung	D1.1.3.1.	2	4	8
	Rutsch- und Schubsicherungen	4	Rutsch- und Schubsicherungen mittels bautechnischer Maßnahmen erforderlich	D1.1.4.1.	2	2	4
			Rutsch- und Schubsicherungen mittels vegetationsstechnischer Maßnahmen möglich	D1.1.4.2.	2	4	8
	Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	3	Wasseranschluß ist erforderlich	D1.1.5.1.	1,5	2	3
			Wuchsbegrenzung ist erforderlich	D1.1.5.2.	1,5	2	3
	Dachkonstruktionsaufbau	4	Geeignet für zweischaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung, durchlüftet (Kaltdach)	D1.1.6.1.	1	3	3
			Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau ohne Wärmedämmung	D1.1.6.2.	1	3	3
			Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung unter der Feuchtigkeitsabdichtung (Warmdach)	D1.1.6.3.	1	3	3
			Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung über der Feuchtigkeitsabdichtung (Umkehrdach)	D1.1.6.4.	1	3	3
	Pflanzentypen	9	Gräser / Kräuter	D1.2.1.1.	1,5	5	7,5
			Sedum	D1.2.1.2.	1,5	5	7,5
			Moos	D1.2.1.3.	1,5	5	7,5
			Stauden	D1.2.1.4.	1,5	5	7,5
			Gehölze	D1.2.1.5.	1,5	5	7,5
			Bäume	D1.2.1.6.	1,5	2	3
	Begrünungsverfahren	4	Kultivierungsmöglichkeiten (Einsatz von Vegetationsträgern)	D1.2.2.1.	2	5	10
Pflanzung oder Saat			D1.2.2.2.	2	5	10	
Flächenwirkung	4	Gestalt / Vielfalt	D1.2.3.1.	2	5	10	
		Dauer bis zum Erreichen der Zielvegetation	D1.2.3.2.	2	5	10	
Kosteneffizienz	Ausführung / Errichtung	2	Investitionsaufwand (Errichtungskosten)	D2.1.1.1.	2	1	2
	Anwuchspflege	6	Pflegeaufwand	D2.1.2.1.	2	2 / 4	4 / 8
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	D2.1.2.2.	2	2	4
			Nährstoffversorgung	D2.1.2.3.	2	2 / 4	4 / 8
	Entwicklungspflege	6	Pflegeaufwand	D2.1.3.1.	2	2 / 4	4 / 8
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	D2.1.3.2.	2	2	4
			Nährstoffversorgung	D2.1.3.3.	2	2 / 4	4 / 8
	Erhaltungspflege	6	Pflegeaufwand	D2.1.4.1.	2	4	8
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	D2.1.4.2.	2	4	8
Nährstoffversorgung			D2.1.4.3.	2	4	8	

Oberziel	Subziel	Gewichtungs- faktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungs- faktor ZK	Erfüllungs- grade	Teil- nutzen
Kosteneffizienz	Wartung & Instandhaltung technischer Bauteile	2	Wartungs- und Instandhaltungsaufwand	D2.1.5.1.	2	4	8
	Schutz der Bausubstanz	2	Schutz der Dachhaut durch physischen Materialschutz	D2.2.1.1.	2	5	10
	Dämmfunktion	4	Reduktion Wärmeverlust (Wärmepufferwirkung)	D2.3.1.1.	2	5	10
			Kühlung des Daches / Schutz vor Wärmeeindringung	D2.3.1.2.	2	5	10
Verbesserung der Lebensqualität	Habitatschaffung und Biodiversität	6	Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen und Grünkorridoren	D3.1.1.1.	2	4	8
			Artenvielfalt (Flora)	D3.1.1.2.	2	4	8
			Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorenegegangene Areale	D3.1.1.3.	2	4	8
	Verdunstung / Verdunstungskälte	6	Hitzereduktion durch versickerungsfähige Oberflächen	D3.2.1.1.	2	4	8
			Hitzereduktion durch Beschattung und Transpiration der Pflanzen	D3.2.1.2.	2	4	8
			Erhöhte Verdunstungsrate durch Speicherung von Niederschlagswasser	D3.2.1.3.	2	4	8
	Schadstoffbindung und O2 Produktion	6	CO2 Bindung durch Vegetation	D3.2.2.1.	2	4	8
			Potenzial für Feinstaubbindung	D3.2.2.2.	2	4	8
			CO2 Einsparung durch Schaffung von Freiräumen vor Ort "Stadt der kurzen Wege"	D3.2.2.3.	2	4	8
	Rückhalt, Speicherung, Verdunstung von H2O	4	Minimierung von Abflussmengen und Abflussspitzen (Entlastung des Kanalsystems)	D3.3.1.1.	2	4	8
			Wasserrückhalt / Abflussverzögerung	D3.3.1.2.	2	4	8
	Lärmschutz	4	Reduktion des Schalleintrags in Gebäude	D3.4.1.1	2	5	10
			Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung	D3.4.1.2	2	5	10
	Soziale Interaktionen	2	Potenzielle Freiräume für unterschiedliche Nutzer*innengruppen	D3.4.2.1.	2	4	8
	Erneuerbare Energie	2	Kombination Dachbegrünung mit Photovoltaik - Steigerung des Energieertrags durch Kühlwirkung	D3.5.1.1.	2	4	8
	Urban Farming / Lebensmittelproduktion	2	Möglichkeit der Nahrungsmittelproduktion	D3.5.2.1.	2	5	10
Erweiterung des Lebensraums	2	Schaffung von Wohnraum / Nutzfläche / Öffentlichen Raum	D3.5.3.1.	2	4	8	
Summe gSZ =		100	Summe gZK =		100	Gesamtnutzen	
						min.	373
						max.	389

Für Alternative D2 konnten bezüglich der Erfüllung von Oberziel 1 (Funktionalität) Punkzugewinne, insbesondere bei den vegetationstechnischen Zielsetzungen, nachgewiesen werden. Vorrangig durch die Möglichkeit zur Verwendung einer relativ großen Anzahl an Pflanzentypen (siehe Tab. 18) und durch die Berechnung von maximalen Teilnutzen bei den Subzielen *Begrünungsverfahren* (siehe Tab. 19) und *Flächenwirkung* (siehe Tab. 20).

Des Weiteren ergaben sich bei reduzierten Intensivbegrünungen für die Zielerfüllung von Oberziel 2 (Kosteneffizienz) sehr hohe Teilnutzenwerte, einerseits durch den effektiven Schutz der Dachhaut aufgrund der Dicke des Schichtaufbaus und der potenziell sich darauf

entwickelnden Vegetationsdichte (siehe Tab. 27), andererseits durch die generell hohe Dämmleistung dieser Begrünungssysteme (siehe Tab. 28).

Betreffs der Realisierung von Oberziel 3 (Verbesserung der Lebensqualität) ließen sich vor allem für das Subziel *Lärmschutz* (siehe Tab. 33) hohe Punktzahlen ermitteln.

Die Summe der errechneten Teilnutzen ergab für reduzierte Intensivbegrünungen (Alternative D2) einen Gesamtnutzen von mindestens 373 bzw. maximal 389 Punkten.

Nutzwertanalyse: Alternative D3 – Extensivbegrünung

Tabelle 64: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Extensivbegrünung (Eigene Erstellung)

Oberziel	Subziel	Gewichtungsfaktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungsfaktor ZK	Erfüllungsgrade	Teilnutzen	
Funktionalität	Tragfähigkeit	6	Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion	D1.1.1.1.	2	4	8	
			Punktlast ist zu berücksichtigen	D1.1.1.2.	2	5	10	
			Windsoglast ist zu berücksichtigen	D1.1.1.3.	2	5	10	
	Zugänglichkeit	2	2	Konstruktiver und bautechnischer Aufwand für sichere Zugänglichkeit	D1.1.2.1.	2	4	8
	Begehbarkeit	2	2	Tragfähigkeit des Gesamtaufbaus und der Bepflanzung	D1.1.3.1.	2	2	4
	Rutsch- und Schubsicherungen	4	Rutsch- und Schubsicherungen mittels bautechnischer Maßnahmen erforderlich	D1.1.4.1.	2	4	8	
			Rutsch- und Schubsicherungen mittels vegetationsstechnischer Maßnahmen möglich	D1.1.4.2.	2	4	8	
	Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	3	Wasseranschluß ist erforderlich	D1.1.5.1.	1,5	4	6	
			Wuchsbegrenzung ist erforderlich	D1.1.5.2.	1,5	2	3	
	Dachkonstruktionsaufbau	4	Geeignet für zweischaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung, durchlüftet (Kaltdach)	D1.1.6.1.	1	3	3	
			Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau ohne Wärmedämmung	D1.1.6.2.	1	3	3	
			Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung unter der Feuchtigkeitsabdichtung (Warmdach)	D1.1.6.3.	1	3	3	
			Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung über der Feuchtigkeitsabdichtung (Umkehrdach)	D1.1.6.4.	1	3	3	
	Pflanzentypen	9	Gräser / Kräuter	D1.2.1.1.	1,5	5	7,5	
			Sedum	D1.2.1.2.	1,5	5	7,5	
			Moos	D1.2.1.3.	1,5	5	7,5	
			Stauden	D1.2.1.4.	1,5	2	3	
			Gehölze	D1.2.1.5.	1,5	1	1,5	
			Bäume	D1.2.1.6.	1,5	1	1,5	
	Begrünungsverfahren	4	Kultivierungsmöglichkeiten (Einsatz von Vegetationsträgern)	D1.2.2.1.	2	4	8	
			Pflanzung oder Saat	D1.2.2.2.	2	4	8	
	Flächenwirkung	4	Gestalt / Vielfalt	D1.2.3.1.	2	4	8	
			Dauer bis zum Erreichen der Zielvegetation	D1.2.3.2.	2	5	10	
Kosteneffizienz	Ausführung / Errichtung	2	Investitionsaufwand (Errichtungskosten)	D2.1.1.1.	2	4	8	
	Anwuchspflege	6	Pflegeaufwand	D2.1.2.1.	2	4 / 5	8 / 10	
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	D2.1.2.2.	2	4	8	
			Nährstoffversorgung	D2.1.2.3.	2	4	8	
	Entwicklungspflege	6	Pflegeaufwand	D2.1.3.1.	2	4 / 5	8 / 10	
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	D2.1.3.2.	2	4	8	
			Nährstoffversorgung	D2.1.3.3.	2	4	8	
	Erhaltungspflege	6	Pflegeaufwand	D2.1.4.1.	2	4	8	
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	D2.1.4.2.	2	4	8	
Nährstoffversorgung			D2.1.4.3.	2	4	8		

Oberziel	Subziel	Gewichtungsfaktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungsfaktor ZK	Erfüllungsgrade	Teilnutzen
Kosteneffizienz	Wartung & Instandhaltung technischer Bauteile	2	Wartungs- und Instandhaltungsaufwand	D2.1.5.1.	2	4	8
	Schutz der Bausubstanz	2	Schutz der Dachhaut durch physischen Materialschutz	D2.2.1.1.	2	4	8
	Dämmfunktion	4	Reduktion Wärmeverlust (Wärmepufferwirkung)	D2.3.1.1.	2	4	8
Kühlung des Daches / Schutz vor Wärmeeindringung			D2.3.1.2.	2	4	8	
Verbesserung der Lebensqualität	Habitatschaffung und Biodiversität	6	Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen und Grünkorridoren	D3.1.1.1.	2	4 / 5	8 / 10
			Artenvielfalt (Flora)	D3.1.1.2.	2	4 / 5	8 / 10
			Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorenegegangene Areale	D3.1.1.3.	2	4	8
	Verdunstung / Verdunstungskälte	6	Hitzereduktion durch versickerungsfähige Oberflächen	D3.2.1.1.	2	2	4
			Hitzereduktion durch Beschattung und Transpiration der Pflanzen	D3.2.1.2.	2	2	4
			Erhöhte Verdunstungsrate durch Speicherung von Niederschlagswasser	D3.2.1.3.	2	2	4
	Schadstoffbindung und O2 Produktion	6	CO2 Bindung durch Vegetation	D3.2.2.1.	2	2	4
			Potenzial für Feinstaubbindung	D3.2.2.2.	2	2	4
			CO2 Einsparung durch Schaffung von Freiräumen vor Ort "Stadt der kurzen Wege"	D3.2.2.3.	2	1	2
	Rückhalt, Speicherung, Verdunstung von H2O	4	Minimierung von Abflussmengen und Abflussspitzen (Entlastung des Kanalsystems)	D3.3.1.1.	2	2	4
			Wasserrückhalt / Abflussverzögerung	D3.3.1.2.	2	2	4
	Lärmschutz	4	Reduktion des Schalleintrags in Gebäude	D3.4.1.1	2	2	4
			Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung	D3.4.1.2	2	2	4
	Soziale Interaktionen	2	Potenzielle Freiräume für unterschiedliche Nutzer*innengruppen	D3.4.2.1.	2	1	2
Erneuerbare Energie	2	Kombination Dachbegrünung mit Photovoltaik - Steigerung des Energieertrags durch Kühlwirkung	D3.5.1.1.	2	2	4	
Urban Farming / Lebensmittelproduktion	2	Möglichkeit der Nahrungsmittelproduktion	D3.5.2.1.	2	4	8	
Erweiterung des Lebensraums	2	Schaffung von Wohnraum / Nutzfläche / Öffentlichen Raum	D3.5.3.1.	2	1	2	
Summe gSZ =		100	Summe gZK =		100	Gesamtnutzen	
						min.	329,5
						max.	337,5

Für Extensivbegrünungen konnte bezüglich der Realisierung von Oberziel 1 (Funktionalität), aufgrund der niedrigen Anforderungen an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion, ein signifikant hoher Teilnutzen für das Subziel *Tragfähigkeit* ermittelt werden (siehe Tab. 11). Primär durch das geringe Eigengewicht des Dachbegrünungsaufbaus, aber auch durch die geringe Flächenlast der Vegetation und nur minimal auftretende Windsoglasten. Bei Alternative D3 ist darüber hinaus in sämtlichen Phasen des Daches von einem geringen bis sehr geringen Pflegeaufwand auszugehen (siehe Tab. 23 bis Tab. 25), wodurch sich Punktzugewinne hinsichtlich der Erfüllung von Oberziel 2 (Kosteneffizienz) ergaben.

Des Weiteren wurden für Extensivbegrünungen relativ hohe Teilnutzen für das Subziel *Habitatschaffung und Biodiversität* errechnet (siehe Tab. 29). Durch die Etablierung einer artenreichen Wiesengesellschaft steigt das Potenzial zur Bereitstellung von Lebensraum für Spezialisten, wodurch diese Systemlösungen merklich zur Zielerfüllung von Oberziel 3 (Verbesserung der Lebensqualität) beitragen konnten.

Die Summe der errechneten Teilnutzen ergab für Alternative D3 einen Gesamtnutzen von mindestens 329,5 bzw. maximal 337,5 Punkten.

Nutzwertanalyse: Alternative D4 – Reduzierte Extensivbegrünung

Tabelle 65: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Reduzierte Extensivbegrünung (Eigene Erstellung)

Oberziel	Subziel	Gewichtungsfaktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungsfaktor ZK	Erfüllungsgrade	Teilnutzen
Funktionalität	Tragfähigkeit	6	Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion	D1.1.1.1.	2	5	10
			Punktlast ist zu berücksichtigen	D1.1.1.2.	2	5	10
			Windsoglast ist zu berücksichtigen	D1.1.1.3.	2	5	10
	Zugänglichkeit	2	Konstruktiver und bautechnischer Aufwand für sichere Zugänglichkeit	D1.1.2.1.	2	4	8
	Begehbarkeit	2	Tragfähigkeit des Gesamtaufbaus und der Bepflanzung	D1.1.3.1.	2	1	2
	Rutsch- und Schubsicherungen	4	Rutsch- und Schubsicherungen mittels bautechnischer Maßnahmen erforderlich	D1.1.4.1.	2	4	8
			Rutsch- und Schubsicherungen mittels vegetationstechnischer Maßnahmen möglich	D1.1.4.2.	2	2	4
	Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	3	Wasseranschluß ist erforderlich	D1.1.5.1.	1,5	4	6
			Wuchsbegrenzung ist erforderlich	D1.1.5.2.	1,5	2	3
	Dachkonstruktionsaufbau	4	Geeignet für zweischaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung, durchlüftet (Kaltdach)	D1.1.6.1.	1	3	3
			Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau ohne Wärmedämmung	D1.1.6.2.	1	3	3
			Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung unter der Feuchtigkeitsabdichtung (Warmdach)	D1.1.6.3.	1	3	3
			Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung über der Feuchtigkeitsabdichtung (Umkehrdach)	D1.1.6.4.	1	3	3
	Pflanzentypen	9	Gräser / Kräuter	D1.2.1.1.	1,5	2	3
			Sedum	D1.2.1.2.	1,5	5	7,5
			Moos	D1.2.1.3.	1,5	5	7,5
			Stauden	D1.2.1.4.	1,5	2	3
			Gehölze	D1.2.1.5.	1,5	1	1,5
			Bäume	D1.2.1.6.	1,5	1	1,5
	Begrünungsverfahren	4	Kultivierungsmöglichkeiten (Einsatz von Vegetationsträgern)	D1.2.2.1.	2	2	4
Pflanzung oder Saat			D1.2.2.2.	2	4	8	
Flächenwirkung	4	Gestalt / Vielfalt	D1.2.3.1.	2	1	2	
		Dauer bis zum Erreichen der Zielvegetation	D1.2.3.2.	2	4	8	
Kosteneffizienz	Ausführung / Errichtung	2	Investitionsaufwand (Errichtungskosten)	D2.1.1.1.	2	5	10
	Anwuchspflege	6	Pflegeaufwand	D2.1.2.1.	2	5	10
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	D2.1.2.2.	2	4	8
			Nährstoffversorgung	D2.1.2.3.	2	4	8
	Entwicklungspflege	6	Pflegeaufwand	D2.1.3.1.	2	5	10
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	D2.1.3.2.	2	4	8
			Nährstoffversorgung	D2.1.3.3.	2	4	8
	Erhaltungspflege	6	Pflegeaufwand	D2.1.4.1.	2	5	10
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	D2.1.4.2.	2	5	10
Nährstoffversorgung			D2.1.4.3.	2	5	10	

Oberziel	Subziel	Gewichtungs-faktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungs-faktor ZK	Erfüllungs-grade	Teil-nutzen
Kosteneffizienz	Wartung & Instandhaltung technischer Bauteile	2	Wartungs- und Instandhaltungsaufwand	D2.1.5.1.	2	4	8
	Schutz der Bausubstanz	2	Schutz der Dachhaut durch physischen Materialschutz	D2.2.1.1.	2	4	8
	Dämmfunktion	4	Reduktion Wärmeverlust (Wärmepufferwirkung)	D2.3.1.1.	2	4	8
			Kühlung des Daches / Schutz vor Wärmeeindringung	D2.3.1.2.	2	4	8
Verbesserung der Lebensqualität	Habitatschaffung und Biodiversität	6	Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen und Grünkorridoren	D3.1.1.1.	2	2 / 5	4 / 10
			Artenvielfalt (Flora)	D3.1.1.2.	2	2 / 5	4 / 10
			Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorengegangene Areale	D3.1.1.3.	2	4	8
	Verdunstung / Verdunstungskälte	6	Hitzereduktion durch versickerungsfähige Oberflächen	D3.2.1.1.	2	1	2
			Hitzereduktion durch Beschattung und Transpiration der Pflanzen	D3.2.1.2.	2	1	2
			Erhöhte Verdunstungsrate durch Speicherung von Niederschlagswasser	D3.2.1.3.	2	1	2
	Schadstoffbindung und O2 Produktion	6	CO2 Bindung durch Vegetation	D3.2.2.1.	2	1	2
			Potenzial für Feinstaubbindung	D3.2.2.2.	2	1	2
			CO2 Einsparung durch Schaffung von Freiräumen vor Ort "Stadt der kurzen Wege"	D3.2.2.3.	2	1	2
	Rückhalt, Speicherung, Verdunstung von H2O	4	Minimierung von Abflussmengen und Abflussspitzen (Entlastung des Kanalsystems)	D3.3.1.1.	2	2	4
			Wasserrückhalt / Abflussverzögerung	D3.3.1.2.	2	1	2
	Lärmschutz	4	Reduktion des Schalleintrags in Gebäude	D3.4.1.1	2	2	4
			Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung	D3.4.1.2	2	2	4
	Soziale Interaktionen	2	Potenzielle Freiräume für unterschiedliche Nutzer*innengruppen	D3.4.2.1.	2	1	2
	Erneuerbare Energie	2	Kombination Dachbegrünung mit Photovoltaik - Steigerung des Energieertrags durch Kühlwirkung	D3.5.1.1.	2	1	2
	Urban Farming / Lebensmittelproduktion	2	Möglichkeit der Nahrungsmittelproduktion	D3.5.2.1.	2	1	2
Erweiterung des Lebensraums	2	Schaffung von Wohnraum / Nutzfläche / Öffentlichen Raum	D3.5.3.1.	2	1	2	
Summe gSZ =		100	Summe gZK =		100	Gesamtnutzen	
						min.	293
						max.	305

Alternative D4 konnte bei der Bewertung des Subziels *Tragfähigkeit* von allen Systemgruppen zur Dachbegrünung die höchsten Teilnutzenwerte erzielen. Das ist vor allem darauf zurückzuführen, dass reduzierte Extensivbegrünungen aufgrund des außerordentlich dünnen Schichtaufbaus sehr niedrige Anforderungen an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion stellen (siehe Tab. 11).

Auch hinsichtlich der Zielerfüllung von Oberziel 2 (Kosteneffizienz) konnte diese Systemgruppe aufgrund der sehr geringen Errichtungskosten (siehe Tab. 21) und der generell niedrigen Ausgaben für die Pflege der Vegetation (siehe Tab. 23 bis Tab. 25) relativ hohe Teilnutzen erreichen.

Zwar ergab die Berechnung der Zielerfüllung von Oberziel 3 (Verbesserung der Lebensqualität) für Alternative D4 minimale Punktzahlen, jedoch besteht bei entsprechender Ausführung ein relativ hohes Potenzial zur Habitatschaffung für Spezialisten (siehe Tab. 29).

Die Summe der errechneten Teilnutzen ergab für Reduzierte Extensivbegrünungen (Alternative D4) einen Gesamtnutzen von mindestens 293 bzw. maximal 305 Punkten.

6.3.1 Ergebnisse der Nutzwertanalyse - Dachbegrünungssysteme

Basierend auf den im vorangehenden Kapitel durchgeführten Berechnungen, zeigt die nachfolgende Tabelle (Tab. 66) die Rangordnung, die für die vier Systemgruppen zur Dachbegrünung identifiziert werden konnte. Die Sortierung richtete sich entsprechend der erzielten Punktzahlen nach den absteigenden Minimal- und Maximalwerten.

Tabelle 66: Ergebnis der Nutzwertanalyse – Ermittelte Rangordnung der Systemgruppen (Alternativen) zur Dachbegrünung (Eigene Erstellung)

RANGORDNUNG DACHBEGRÜNUNGSSYSTEME				
Rang	Alternative	Systemgruppe	Punkte (min.)	Punkte (max.)
Rang 1	D2	Reduzierte Intensivbegrünung	373	389
Rang 2	D1	Intensivbegrünung	371	387
Rang 3	D3	Extensivbegrünung	329,5	337,5
Rang 4	D4	Reduzierte Extensivbegrünung	293	305

Für reduzierte Intensivbegrünungen konnte ein Gesamtnutzen von mindestens 373 bzw. maximal 389 Punkten errechnet werden (siehe Tab. 63). Diese Systemgruppe erzielte somit die höchsten Punktzahlen bei den Minimal- und den Maximalwerten, weshalb Alternative D2 im Zuge dieser Analyse der erste Rang zugewiesen wurde.

Intensivbegrünungen (Alternative D1) erreichten eine Punktzahl von mindestens 371 bzw. maximal 387 Punkten (siehe Tab. 62) und wurden somit dem zweiten Rang zugeordnet.

Für Extensivbegrünungen (Alternative D3) erfolgte die Klassifizierung bei Rangstufe 3. Der Gesamtnutzen von dieser Systemgruppe lag bei mindestens 329,5 bzw. maximal 337,5 Punkten (siehe Tab. 64).

Der ermittelte Gesamtnutzen von Alternative D4 betrug mindestens 293 bzw. maximal 305 Punkte (siehe Tab. 65). Folglich erzielten reduzierte Extensivbegrünungen, sowohl bei den Minimal-, als auch bei den Maximalwerten, die niedrigsten Punktzahlen, weshalb dieser Systemgruppe der vierte Rang zugeteilt wurde.

6.4 Analyseschritt 7: Bewertung der Systemgruppen (Alternativen) zur Fassadenbegrünung mithilfe einer Nutzwertanalyse

Die Quantifizierung der Gesamtnutzen (= Nutzwerte) der einzelnen Fassadenbegrünungssysteme erfolgte durch Multiplikation des Gewichtungsfaktors eines Kriteriums mit den zuvor erhobenen Zielerfüllungsgraden. Durch Addition der so ermittelten Teilnutzen konnten die Gesamtnutzen der jeweiligen Systemgruppen für die Begrünung von Fassaden bestimmt werden. Diese analytische Vorgehensweise (in Anlehnung an HANUSCH 2011; KUNZE et al. 1974; VOEGELE et al. 2012) ist analog zur Modalität für die im vorigen Unterkapitel durchgeführte Bewertung von Dachbegrünungssystemen mittels einer Nutzwertanalyse.

Nachfolgende Tabellen (Tab. 67 bis Tab. 74) zeigen die Verfahrensweise und die Ergebnisse dieser Analyse, auf deren Basis die acht Systemgruppen für Fassadenbegrünungen entsprechend der Höhe ihrer Nutzwerte in eine Rangordnung gereiht wurden (siehe Tab. 75 und Tab. 76).

Nutzwertanalyse: Alternative F1 – Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe (Efeu)

Tabelle 67: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe „Efeu“ (Eigene Erstellung)

Oberziel	Subziel	Gewichtungs- faktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungs- faktor ZK	Erfüll- ungs- grade	Teil- nutzen
Funktionalität	Tragfähigkeit und Statik	9	Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion	F1.1.1.1.	2	5	10
			Prüfung des Wuchsuntergrundes notwendig	F1.1.1.2.	1,5	2	3
			Statischer Nachweis erforderlich	F1.1.1.3.	2	2	4
			Anforderung an tragende Bauteile	F1.1.1.4.	2	5	10
			Verankerung notwendig	F1.1.1.5.	1,5	5	7,5
	Fassadentyp	6	Eignung für den Fassadentyp Massivkonstruktion	F1.1.2.1.	2	4	8
			Eignung für den Fassadentyp Wärmedämmverbund	F1.1.2.2.	2	2	4
			Eignung für vorgehängte hinterlüftete Fassaden	F1.1.2.3.	2	4	8
	Platzbedarf	3	Notwendige Distanz zur Fassade	F1.1.3.1.	3	5	15
	Materialeinsatz und -aufwand	6	Aufwand für Kletterhilfe	F1.1.4.1.	2	5	10
			Aufwand für Pflanzgefäße	F1.1.4.2.	2	5	10
			Kumulierter Materialaufwand	F1.1.4.3.	2	5	10
	Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	6	Anschluss notwendig (Strom, Wasser) in der Betriebsphase	F1.1.5.1.	2	4	8
			Wuchsbegrenzung zum Schutz der Fassade notwendig	F1.1.5.2.	2	2	4
			Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten erforderlich	F1.1.5.3.	2	5	10
	Pflanzentypen	12	Sedum / Moose	F1.2.1.1.	2	3	6
			Gräser / Kräuter	F1.2.1.2.	2	3	6
			Stauden	F1.2.1.3.	2	3	6
			Kletterpflanzen - einjährig	F1.2.1.4.	2	3	6
			Kletterpflanzen - mehrjährig, verholzend	F1.2.1.5.	2	5	10
			Gehölze	F1.2.1.6.	2	3	6
Flächenwirkung	3	Begrünungsdauer	F1.2.2.1.	3	2	6	
Kosteneffizienz	Ausführung / Errichtung	3	Investitionsaufwand (Errichtungskosten)	F2.1.1.1.	3	5	15
	Anwuchspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.1.1.	2	5	10
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.1.2.	2	4	8
			Nährstoffversorgung	F2.2.1.3.	2	4	8
	Entwicklungspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.2.1.	2	4	8
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.2.2.	2	5	10
			Nährstoffversorgung	F2.2.2.3.	2	4	8
	Erhaltungspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.3.1.	2	4	8
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.3.2.	2	4	8
			Nährstoffversorgung	F2.2.3.3.	2	4	8
	Wartung & Instandhaltung technischer Bauteile	3	Wartungs- und Instandhaltungsaufwand	F2.2.4.1.	3	2	6
	Schutz der Bausubstanz	3	Schutz der Fassade durch physischen Materialschutz	F2.3.1.1.	3	2 / 4	6 / 12
	Dämmfunktion	6	Reduktion Wärmeverlust (Wärmepufferwirkung)	F2.4.1.1.	2	4 / 5	8 / 10
Kühlung des Fassade / Schutz vor Wärmeeindringung			F2.4.1.2.	2	2 / 4	4 / 8	
Verschattung der Fenster / Einsparung technischer Verschattungsanlagen			F2.4.1.3.	2	2	4	

Oberziel	Subziel	Gewichtungs-faktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungs-faktor ZK	Erfüllungs-grade	Teil-nutzen
Verbesserung der Lebensqualität	Habitatschaffung und Biodiversität	6	Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen und Grünkorridoren	F3.1.1.1.	2	5	10
			Artenvielfalt (Flora)	F3.1.1.2.	2	2	4
			Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorenegegangene Areale	F3.1.1.3.	2	3	6
	Verdunstung / Verdunstungskälte	6	Erhöhte Luftfeuchte durch Bewässerung und Transpiration	F3.2.1.1.	3	4 / 5	12 / 15
			Hitzereduktion durch Beschattung und Transpiration der Pflanzen	F3.2.1.2.	3	4 / 5	12 / 15
	Positive mikroklimatische Effekte	3	Dauer bis zur Entfaltung positiver mikroklimatischer Wirkungen	F3.2.2.1.	3	2	6
	Rückhalt, Speicherung, Verdunstung von H ₂ O	3	Minimierung von Abflussmengen und Abflussspitzen (Entlastung des Kanalsystems)	F3.3.1.1.	3	3 / 5	9 / 15
	Lärmschutz	4	Reduktion des Schalleintrags in Gebäude	F3.4.1.1.	2	4	8
			Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung	F3.4.1.2.	2	4	8
Summe gSZ =		100	Summe gZK =		100	Gesamtnutzen	
						min.	361,5
						max.	385,5

Hinsichtlich der Zielerfüllung von Oberziel 1 (Funktionalität) konnte Alternative F1 hohe Teilnutzen bei den Subzielen *Materialeinsatz* und *Materialaufwand* erzielen (siehe Tab. 42). Das ist damit begründet, dass bei dieser Systemgruppe generell keine zusätzlichen Aufwände für Kletterhilfen und Pflanzgefäße getätigt werden müssen. Darüber hinaus konnten für bodengebundene Begrünungen ohne Kletterhilfen in Hinblick auf das Subziel *Platzbedarf* die verhältnismäßig höchsten Teilnutzen errechnet werden, da die Begrünung in Form eines Direktbewuchses der Fassade erfolgt (siehe Tab. 41).

Bodengebundene Begrünungen ohne Kletterhilfen wiesen in Relation zu den übrigen Fassadenbegrünungssystemgruppen die geringsten Errichtungskosten auf (siehe Tab. 46). Im Vergleich zu Alternative F2, ist bei der *Efeu*-Variante der bodengebundenen Begrünungen ohne Kletterhilfen von einem Mehraufwand in der Entwicklungs- und Erhaltungspflege auszugehen, was mit den Wuchseigenschaften von *Hedera helix* begründet werden kann (siehe Tab. 49 und Tab. 50).

Bei der Betrachtung der stadtökologischen Auswirkungen konnte für diese Begrünungssysteme ein sehr hohes Potenzial zur Bereitstellung von Habitaten, bei einer gleichzeitig geringen Artenvielfalt der Flora, angenommen werden. Diese Beurteilung wird damit begründet, dass *Efeu* beispielsweise vielen Insekten als ganzjährige Nahrungsquelle dient oder Vögeln wichtige Versteckmöglichkeiten bietet (siehe Tab. 54 und Tab. 55).

Die Summe der ermittelten Teilnutzen ergab für bodengebundene Begrünungen ohne Kletterhilfen *Efeu* (Alternative F1) einen Gesamtnutzen von mindestens 361,5 bzw. maximal 385,5 Punkten.

Nutzwertanalyse: Alternative F2 – Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe (Veitschii)

Tabelle 68: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe „Veitschii“ (Eigene Erstellung)

Oberziel	Subziel	Gewichtungsfaktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungsfaktor ZK	Erfüllungsgrade	Teilnutzen
Funktionalität	Tragfähigkeit und Statik	9	Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion	F1.1.1.1.	2	5	10
			Prüfung des Wuchsuntergrundes notwendig	F1.1.1.2.	1,5	2	3
			Statischer Nachweis erforderlich	F1.1.1.3.	2	5	10
			Anforderung an tragende Bauteile	F1.1.1.4.	2	5	10
			Verankerung notwendig	F1.1.1.5.	1,5	5	7,5
	Fassadentyp	6	Eignung für den Fassadentyp Massivkonstruktion	F1.1.2.1.	2	4	8
			Eignung für den Fassadentyp Wärmedämmverbund	F1.1.2.2.	2	2	4
			Eignung für vorgehängte hinterlüftete Fassaden	F1.1.2.3.	2	4	8
	Platzbedarf	3	Notwendige Distanz zur Fassade	F1.1.3.1.	3	5	15
	Materialeinsatz und -aufwand	6	Aufwand für Kletterhilfe	F1.1.4.1.	2	5	10
			Aufwand für Pflanzgefäße	F1.1.4.2.	2	5	10
			Kumulierter Materialaufwand	F1.1.4.3.	2	5	10
	Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	6	Anschluss notwendig (Strom, Wasser) in der Betriebsphase	F1.1.5.1.	2	4	8
			Wuchsbegrenzung zum Schutz der Fassade notwendig	F1.1.5.2.	2	2	4
			Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten erforderlich	F1.1.5.3.	2	5	10
	Pflanzentypen	12	Sedum / Moose	F1.2.1.1.	2	3	6
			Gräser / Kräuter	F1.2.1.2.	2	3	6
			Stauden	F1.2.1.3.	2	3	6
			Kletterpflanzen - einjährig	F1.2.1.4.	2	3	6
			Kletterpflanzen - mehrjährig, verholzend	F1.2.1.5.	2	5	10
			Gehölze	F1.2.1.6.	2	3	6
Flächenwirkung	3	Begrünungsdauer	F1.2.2.1.	3	2	6	
Kosteneffizienz	Ausführung / Errichtung	3	Investitionsaufwand (Errichtungskosten)	F2.1.1.1.	3	5	15
	Anwuchspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.1.1.	2	5	10
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.1.2.	2	4	8
			Nährstoffversorgung	F2.2.1.3.	2	4	8
	Entwicklungspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.2.1.	2	5	10
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.2.2.	2	5	10
			Nährstoffversorgung	F2.2.2.3.	2	4	8
	Erhaltungspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.3.1.	2	5	10
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.3.2.	2	4	8
			Nährstoffversorgung	F2.2.3.3.	2	4	8
	Wartung & Instandhaltung technischer Bauteile	3	Wartungs- und Instandhaltungsaufwand	F2.2.4.1.	3	5	15
	Schutz der Bausubstanz	3	Schutz der Fassade durch physischen Materialschutz	F2.3.1.1.	3	4	12
	Dämmfunktion	6	Reduktion Wärmeverlust (Wärmepufferwirkung)	F2.4.1.1.	2	2 / 4	4 / 8
			Kühlung des Fassade / Schutz vor Wärmeeindringung	F2.4.1.2.	2	4 / 5	8 / 10
Verschattung der Fenster / Einsparung technischer Verschattungsanlagen			F2.4.1.3.	2	2	4	

Oberziel	Subziel	Gewichtungs-faktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungs-faktor ZK	Erfüllungs-grade	Teil-nutzen
Verbesserung der Lebensqualität	Habitatschaffung und Biodiversität	6	Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen und Grünkorridoren	F3.1.1.1.	2	5	10
			Artenvielfalt (Flora)	F3.1.1.2.	2	2	4
			Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorenegegangene Areale	F3.1.1.3.	2	3	6
	Verdunstung / Verdunstungskälte	6	Erhöhte Luftfeuchte durch Bewässerung und Transpiration	F3.2.1.1.	3	4 / 5	12 / 15
			Hitzereduktion durch Beschattung und Transpiration der Pflanzen	F3.2.1.2.	3	4 / 5	12 / 15
	Positive mikroklimatische Effekte	3	Dauer bis zur Entfaltung positiver mikroklimatischer Wirkungen	F3.2.2.1.	3	2	6
	Rückhalt, Speicherung, Verdunstung von H2O	3	Minimierung von Abflussmengen und Abflussspitzen (Entlastung des Kanalsystems)	F3.3.1.1.	3	3 / 5	9 / 15
	Lärmschutz	4	Reduktion des Schalleintrags in Gebäude	F3.4.1.1.	2	2 / 4	4 / 8
			Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung	F3.4.1.2.	2	2 / 4	4 / 8
	Summe gSZ = 100				Summe gZK = 100		Gesamtnutzen
						min.	378,5
						max.	404,5

Analog zu Alternative F1, wurden auch für die *Veitschii*-Variante der bodengebundenen Begrünungen ohne Kletterhilfen sehr hohe Teilnutzen für die Subziele *Platzbedarf* (siehe Tab. 41) und *Materialeinsatz/-aufwand* (siehe Tab. 42) errechnet.

Für die Installation von Alternative F2 konnte bezüglich der Erreichung von Oberziel 2 (Kosteneffizienz) ebenfalls ein sehr geringer Investitionsaufwand ermittelt werden (siehe Tab. 46). Vor allem hinsichtlich des Subziels *Dämmfunktion* ergaben sich im Vergleich zu Alternative F1 Unterschiede betreffs der energetischen Funktion der Fassadenbegrünung. So wurde beispielsweise für Alternative F2, aufgrund des Laubabwurfs im Winter, nur eine geringe Reduktion des Wärmeverlustes aus einem Gebäude angenommen. Gleichzeitig ergaben sich Punktzugewinne durch die Möglichkeit zur Erwärmung der Gebäudehülle, da in den Wintermonaten keine Verschattung der Fassade stattfindet (siehe Tab. 53). An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass immergrüne Arten (*Efeu*) das Potenzial besitzen, die Fassade im Sommer zu kühlen und in den Wintermonaten den Wärmeverlust über die Gebäudehülle aufgrund der vorhandenen Blattmasse zu mindern (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019., S29).

Die ermittelten Teilnutzen zur Zielerfüllung von Oberziel 3 (Verbesserung der Lebensqualität) waren überwiegend ident zu Alternative F1. Differenzen betreffs des Subziels *Lärmschutz* sind ebenso auf die unterschiedlichen Laubrhythmen von *Efeu* und *Veitschii* zurückzuführen (siehe Tab. 59). Als laubabwerfende Art besitzt die *Veitschii*-Variante der bodengebundenen Begrünungen ohne Kletterhilfen im Winter keine Blattmasse, um den Schalleintrag in ein Gebäude zu mindern (Pfosser 2016, S95f).

Die Summe der errechneten Teilnutzen ergab für bodengebundene Begrünungen ohne Kletterhilfen *Veitschii* (Alternative F2) einen Gesamtnutzen von mindestens 378,5 bzw. maximal 404,5 Punkten.

Nutzwertanalyse: Alternative F3 – Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe – starr

Tabelle 69: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Bodengebundene Begrünungen mit starren Kletterhilfen (Eigene Erstellung)

Oberziel	Subziel	Gewichtungs-faktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungs-faktor ZK	Erfüllungs- grade	Teil- nutzen
Funktionalität	Tragfähigkeit und Statik	9	Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion	F1.1.1.1.	2	2	4
			Prüfung des Wuchsuntergrundes notwendig	F1.1.1.2.	1,5	5	7,5
			Statischer Nachweis erforderlich	F1.1.1.3.	2	4	8
			Anforderung an tragende Bauteile	F1.1.1.4.	2	4	8
			Verankerung notwendig	F1.1.1.5.	1,5	4	6
	Fassadentyp	6	Eignung für den Fassadentyp Massivkonstruktion	F1.1.2.1.	2	4	8
			Eignung für den Fassadentyp Wärmedämmverbund	F1.1.2.2.	2	4	8
			Eignung für vorgehängte hinterlüftete Fassaden	F1.1.2.3.	2	4	8
	Platzbedarf	3	Notwendige Distanz zur Fassade	F1.1.3.1.	3	2	6
	Materialeinsatz und -aufwand	6	Aufwand für Kletterhilfe	F1.1.4.1.	2	2	4
			Aufwand für Pflanzgefäße	F1.1.4.2.	2	5	10
			Kumulierter Materialaufwand	F1.1.4.3.	2	4	8
	Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	6	Anschluss notwendig (Strom, Wasser) in der Betriebsphase	F1.1.5.1.	2	4	8
			Wuchsbegrenzung zum Schutz der Fassade notwendig	F1.1.5.2.	2	2	4
			Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten erforderlich	F1.1.5.3.	2	4	8
	Pflanzentypen	12	Sedum / Moose	F1.2.1.1.	2	3	6
			Gräser / Kräuter	F1.2.1.2.	2	3	6
			Stauden	F1.2.1.3.	2	3	6
			Kletterpflanzen - einjährig	F1.2.1.4.	2	5	10
			Kletterpflanzen - mehrjährig, verholzend	F1.2.1.5.	2	5	10
			Gehölze	F1.2.1.6.	2	5	10
Flächenwirkung	3	Begrünungsdauer	F1.2.2.1.	3	1 / 2	3 / 6	
Kosteneffizienz	Ausführung / Errichtung	3	Investitionsaufwand (Errichtungskosten)	F2.1.1.1.	3	4	12
	Anwuchspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.1.1.	2	4	8
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.1.2.	2	4	8
			Nährstoffversorgung	F2.2.1.3.	2	4	8
	Entwicklungspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.2.1.	2	5	10
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.2.2.	2	5	10
			Nährstoffversorgung	F2.2.2.3.	2	4	8
	Erhaltungspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.3.1.	2	4	8
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.3.2.	2	4	8
			Nährstoffversorgung	F2.2.3.3.	2	4	8
	Wartung & Instandhaltung technischer Bauteile	3	Wartungs- und Instandhaltungsaufwand	F2.2.4.1.	3	4	12
	Schutz der Bausubstanz	3	Schutz der Fassade durch physischen Materialschutz	F2.3.1.1.	3	3 / 4	9 / 12
	Dämmfunktion	6	Reduktion Wärmeverlust (Wärmepufferwirkung)	F2.4.1.1.	2	3 / 4	6 / 8
Kühlung des Fassade / Schutz vor Wärmeeindringung			F2.4.1.2.	2	3 / 4	6 / 8	
Verschattung der Fenster / Einsparung technischer Verschattungsanlagen			F2.4.1.3.	2	4	8	

Oberziel	Subziel	Gewichtungs-faktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungs-faktor ZK	Erfüllungs-grade	Teil-nutzen
Verbesserung der Lebensqualität	Habitatschaffung und Biodiversität	6	Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen und Grünkorridoren	F3.1.1.1.	2	4	8
			Artenvielfalt (Flora)	F3.1.1.2.	2	4	8
			Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorenegegangene Areale	F3.1.1.3.	2	3	6
	Verdunstung / Verdunstungskälte	6	Erhöhte Luftfeuchte durch Bewässerung und Transpiration	F3.2.1.1.	3	4 / 5	12 / 15
			Hitzereduktion durch Beschattung und Transpiration der Pflanzen	F3.2.1.2.	3	4 / 5	12 / 15
	Positive mikroklimatische Effekte	3	Dauer bis zur Entfaltung positiver mikroklimatischer Wirkungen	F3.2.2.1.	3	4	12
	Rückhalt, Speicherung, Verdunstung von H ₂ O	3	Minimierung von Abflussmengen und Abflussspitzen (Entlastung des Kanalsystems)	F3.3.1.1.	3	3 / 5	9 / 15
	Lärmschutz	4	Reduktion des Schalleintrags in Gebäude	F3.4.1.1.	2	4	8
			Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung	F3.4.1.2.	2	4	8
Summe gSZ = 100			Summe gZK = 100			Gesamtnutzen	
						min.	368,5
						max.	390,5

Für Alternative F3 ergaben sich bezüglich der Zielerfüllung von Oberziel 1 (Funktionalität) verhältnismäßig hohe Teilnutzen durch das Zusammenwirken der Subziele *Materialeinsatz/-aufwand* und *Pflanzentypen*. So sind für eine Kultivierung Pflanzgefäße nicht zwingend erforderlich (siehe Tab. 42), bei gleichzeitiger Einsatzmöglichkeit von ein- und mehrjährigen Kletterpflanzen, die für ihr Wachstum auf eine Kletterhilfe angewiesen sind (siehe Tab. 44). Punktabzüge ergaben sich bezüglich des Subziels *Flächenwirkung*, da bei diesen Systemlösungen in Abhängigkeit von der Ausführungsform (linear oder flächig) mit einer mittelfristigen bis sehr langfristigen Begrünungsdauer gerechnet werden muss (siehe Tab. 45).

Hinsichtlich der Erreichung von Oberziel 2 (Kosteneffizienz) konnten bodengebundene Begrünungen mit starren Kletterhilfen im Vergleich zu wandgebundenen Fassadenbegrünungssystemen relativ hohe Teilnutzenwerte in den Subzielen *Anwuchs-*, *Entwicklungs-* und *Erhaltungspflege* erzielen (siehe Tab. 47 bis Tab. 50).

Die ermittelten Teilnutzen für Oberziel 3 (Verbesserung der Lebensqualität) waren bei Alternative F3 und Alternative F4 ident. In Hinblick auf mikroklimatische Zielsetzungen wurde bei flächigen Ausführungen eine erhöhte Verdunstungsleistung angenommen (siehe Tab. 56).

Die Summe der errechneten Teilnutzen ergab für bodengebundene Begrünungen mit starren Kletterhilfen (Alternative F3) einen Gesamtnutzen von mindestens 368,5 bzw. maximal 390,5 Punkten.

Nutzwertanalyse: Alternative F4 – Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe – flexibel

Tabelle 70: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Bodengebundene Begrünungen mit flexiblen Kletterhilfen (Eigene Erstellung)

Oberziel	Subziel	Gewichtungsfaktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungsfaktor ZK	Erfüllungsgrade	Teilnutzen
Funktionalität	Tragfähigkeit und Statik	9	Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion	F1.1.1.1.	2	1 / 2	2 / 4
			Prüfung des Wuchsuntergrundes notwendig	F1.1.1.2.	1,5	5	7,5
			Statischer Nachweis erforderlich	F1.1.1.3.	2	4	8
			Anforderung an tragende Bauteile	F1.1.1.4.	2	4	8
			Verankerung notwendig	F1.1.1.5.	1,5	4	6
	Fassadentyp	6	Eignung für den Fassadentyp Massivkonstruktion	F1.1.2.1.	2	4	8
			Eignung für den Fassadentyp Wärmedämmverbund	F1.1.2.2.	2	4	8
			Eignung für vorgehängte hinterlüftete Fassaden	F1.1.2.3.	2	4	8
	Platzbedarf	3	Notwendige Distanz zur Fassade	F1.1.3.1.	3	2	6
	Materialeinsatz und -aufwand	6	Aufwand für Kletterhilfe	F1.1.4.1.	2	2	4
			Aufwand für Pflanzgefäße	F1.1.4.2.	2	5	10
			Kumulierter Materialaufwand	F1.1.4.3.	2	2	4
	Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	6	Anschluss notwendig (Strom, Wasser) in der Betriebsphase	F1.1.5.1.	2	4	8
			Wuchsbegrenzung zum Schutz der Fassade notwendig	F1.1.5.2.	2	2	4
			Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten erforderlich	F1.1.5.3.	2	4	8
	Pflanzentypen	12	Sedum / Moose	F1.2.1.1.	2	3	6
			Gräser / Kräuter	F1.2.1.2.	2	3	6
			Stauden	F1.2.1.3.	2	3	6
			Kletterpflanzen - einjährig	F1.2.1.4.	2	5	10
			Kletterpflanzen - mehrjährig, verholzend	F1.2.1.5.	2	5	10
			Gehölze	F1.2.1.6.	2	5	10
Flächenwirkung	3	Begrünungsdauer	F1.2.2.1.	3	1 / 2	3 / 6	
Kosteneffizienz	Ausführung / Errichtung	3	Investitionsaufwand (Errichtungskosten)	F2.1.1.1.	3	4	12
	Anwuchspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.1.1.	2	4	8
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.1.2.	2	4	8
			Nährstoffversorgung	F2.2.1.3.	2	4	8
	Entwicklungspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.2.1.	2	5	10
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.2.2.	2	5	10
			Nährstoffversorgung	F2.2.2.3.	2	4	8
	Erhaltungspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.3.1.	2	4	8
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.3.2.	2	4	8
			Nährstoffversorgung	F2.2.3.3.	2	4	8
	Wartung & Instandhaltung technischer Bauteile	3	Wartungs- und Instandhaltungsaufwand	F2.2.4.1.	3	4	12
	Schutz der Bausubstanz	3	Schutz der Fassade durch physischen Materialschutz	F2.3.1.1.	3	3 / 4	9 / 12
	Dämmfunktion	6	Reduktion Wärmeverlust (Wärmepufferwirkung)	F2.4.1.1.	2	3 / 4	6 / 8
Kühlung des Fassade / Schutz vor Wärmeeindringung			F2.4.1.2.	2	3 / 4	6 / 8	
Verschattung der Fenster / Einsparung technischer Verschattungsanlagen			F2.4.1.3.	2	4	8	

Oberziel	Subziel	Gewichtungs-faktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungs-faktor ZK	Erfüllungs-grad	Teil-nutzen
Verbesserung der Lebensqualität	Habitatschaffung und Biodiversität	6	Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen und Grünkorridoren	F3.1.1.1.	2	4	8
			Artenvielfalt (Flora)	F3.1.1.2.	2	4	8
			Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorenegegangene Areale	F3.1.1.3.	2	3	6
	Verdunstung / Verdunstungskälte	6	Erhöhte Luftfeuchte durch Bewässerung und Transpiration	F3.2.1.1.	3	4 / 5	12 / 15
			Hitzereduktion durch Beschattung und Transpiration der Pflanzen	F3.2.1.2.	3	4 / 5	12 / 15
	Positive mikroklimatische Effekte	3	Dauer bis zur Entfaltung positiver mikroklimatischer Wirkungen	F3.2.2.1.	3	4	12
	Rückhalt, Speicherung, Verdunstung von H2O	3	Minimierung von Abflussmengen und Abflussspitzen (Entlastung des Kanalsystems)	F3.3.1.1.	3	3 / 4	9 / 12
	Lärmschutz	4	Reduktion des Schalleintrags in Gebäude	F3.4.1.1.	2	4	8
			Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung	F3.4.1.2.	2	4	8
Summe gSZ = 100				Summe gZK = 100		Gesamtnutzen	
						min.	362,5
						max.	383,5

Die für bodengebundene Begrünungen mit flexiblen Kletterhilfen (Alternative F4) errechneten Teilnutzenwerte des Oberziels 1 (Funktionalität) waren weitestgehend ident mit denen von Alternative F3. Jedoch stellt diese Systemgruppe in Ausführung als flächige Kletterhilfe höhere Anforderungen an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion als bodengebundene Begrünungen mit starren Kletterhilfen (siehe Tab. 39).

In Hinblick auf die Zielerfüllung von Oberziel 2 (Kosteneffizienz) wurde ein geringer bis sehr geringer Pflegeaufwand für sämtliche Phasen der Fassade angenommen (siehe Tab. 47 bis Tab. 50). Der Schutz der Gebäudehülle (siehe Tab. 52) und eine effektive Dämmwirkung (siehe Tab. 53) sind insbesondere bei einer flächigen Begrünung wirksam.

Die ermittelten Teilnutzen für bodengebundene Begrünungen mit starren Kletterhilfen waren hinsichtlich der Erfüllung von Oberziel 3 (Verbesserung der Lebensqualität) mit den Werten von Alternative F3 identisch.

Die Summe der errechneten Teilnutzen ergab für bodengebundenen Begrünungen mit flexiblen Kletterhilfen (Alternative F4) einen Gesamtnutzen von mindestens 362,5 bzw. maximal 383,5 Punkten.

Nutzwertanalyse: Alternative F5 – Troggebundene Begrünung (horizontale Vegetationsfläche)

Tabelle 71: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Troggebundene Begrünung (Eigene Erstellung)

Oberziel	Subziel	Gewichtungs- faktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungs- faktor ZK	Erfüllungs- grade	Teilnutzen
Funktionalität	Tragfähigkeit und Statik	9	Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion	F1.1.1.1.	2	2	4
			Prüfung des Wuchsuntergrundes notwendig	F1.1.1.2.	1,5	5	7,5
			Statischer Nachweis erforderlich	F1.1.1.3.	2	2	4
			Anforderung an tragende Bauteile	F1.1.1.4.	2	2	4
			Verankerung notwendig	F1.1.1.5.	1,5	4	6
	Fassadentyp	6	Eignung für den Fassadentyp Massivkonstruktion	F1.1.2.1.	2	5	10
			Eignung für den Fassadentyp Wärmedämmverbund	F1.1.2.2.	2	4	8
			Eignung für vorgehängte hinterlüftete Fassaden	F1.1.2.3.	2	5	10
	Platzbedarf	3	Notwendige Distanz zur Fassade	F1.1.3.1.	3	2	6
	Materialeinsatz und -aufwand	6	Aufwand für Kletterhilfe	F1.1.4.1.	2	2 / 5	4 / 10
			Aufwand für Pflanzgefäße	F1.1.4.2.	2	2	4
			Kumulierter Materialaufwand	F1.1.4.3.	2	2	4
	Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	6	Anschluss notwendig (Strom, Wasser) in der Betriebsphase	F1.1.5.1.	2	2	4
			Wuchsbegrenzung zum Schutz der Fassade notwendig	F1.1.5.2.	2	2	4
			Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten erforderlich	F1.1.5.3.	2	2	4
	Pflanzentypen	12	Sedum / Moose	F1.2.1.1.	2	4	8
			Gräser / Kräuter	F1.2.1.2.	2	4	8
			Stauden	F1.2.1.3.	2	4	8
			Kletterpflanzen - einjährig	F1.2.1.4.	2	5	10
			Kletterpflanzen - mehrjährig, verholzend	F1.2.1.5.	2	5	10
			Gehölze	F1.2.1.6.	2	5	10
Flächenwirkung	3	Begrünungsdauer	F1.2.2.1.	3	2 / 5	6 / 15	
Kosteneffizienz	Ausführung / Errichtung	3	Investitionsaufwand (Errichtungskosten)	F2.1.1.1.	3	4	12
	Anwuchspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.1.1.	2	4 / 5	8 / 10
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.1.2.	2	2 / 4	4 / 8
			Nährstoffversorgung	F2.2.1.3.	2	2 / 4	4 / 8
	Entwicklungspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.2.1.	2	2	4
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.2.2.	2	2 / 4	4 / 8
			Nährstoffversorgung	F2.2.2.3.	2	1 / 4	2 / 8
	Erhaltungspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.3.1.	2	2	4
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.3.2.	2	4	8
			Nährstoffversorgung	F2.2.3.3.	2	1 / 4	2 / 8
	Wartung & Instandhaltung technischer Bauteile	3	Wartungs- und Instandhaltungsaufwand	F2.2.4.1.	3	2	6
	Schutz der Bausubstanz	3	Schutz der Fassade durch physischen Materialschutz	F2.3.1.1.	3	4	12
	Dämmfunktion	6	Reduktion Wärmeverlust (Wärmepufferwirkung)	F2.4.1.1.	2	4	8
Kühlung des Fassade / Schutz vor Wärmeeindringung			F2.4.1.2.	2	4	8	
Verschattung der Fenster / Einsparung technischer Verschattungsanlagen			F2.4.1.3.	2	4	8	

Oberziel	Subziel	Gewichtungs-faktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungs-faktor ZK	Erfüllungs-grade	Teil-nutzen
Verbesserung der Lebensqualität	Habitatschaffung und Biodiversität	6	Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen und Grünkorridoren	F3.1.1.1.	2	5	10
			Artenvielfalt (Flora)	F3.1.1.2.	2	4	8
			Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorenegegangene Areale	F3.1.1.3.	2	3	6
	Verdunstung / Verdunstungskälte	6	Erhöhte Luftfeuchte durch Bewässerung und Transpiration	F3.2.1.1.	3	4 / 5	12 / 15
			Hitzereduktion durch Beschattung und Transpiration der Pflanzen	F3.2.1.2.	3	4 / 5	12 / 15
	Positive mikroklimatische Effekte	3	Dauer bis zur Entfaltung positiver mikroklimatischer Wirkungen	F3.2.2.1.	3	4 / 5	12 / 15
	Rückhalt, Speicherung, Verdunstung von H2O	3	Minimierung von Abflussmengen und Abflussspitzen (Entlastung des Kanalsystems)	F3.3.1.1.	3	3 / 5	9 / 15
	Lärmschutz	4	Reduktion des Schalleintrags in Gebäude	F3.4.1.1.	2	4	8
			Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung	F3.4.1.2.	2	4	8
Summe gSZ = 100			Summe gZK = 100			Gesamtnutzen	
						min.	322,5
						max.	378,5

Für troggebundene Begrünungen wurde in Hinblick auf die Zielerreichung von Oberziel 1 (Funktionalität) ein relativ hoher Materialeinsatz bzw. -aufwand angenommen, was sich ebenfalls in den ermittelten Teilnutzen widerspiegelt (siehe Tab. 42). Durch die Möglichkeit sämtliche Pflanzentypen zu kultivieren konnten hinsichtlich der vegetationstechnischen Zielsetzungen Punktegewinne erzielt werden (siehe Tab. 44).

Die Berechnungen zur Zielerfüllung von Oberziel 2 (Kosteneffizienz) zeigten teilweise beachtliche Differenzen bei den ermittelten Teilnutzen in den Subzielen *Anwuchs-*, *Entwicklungs-* und *Erhaltungspflege* (siehe Tab. 47 bis Tab. 50). Beispielsweise wird der Pflegeaufwand unter anderem von der Art der Kultivierung (Aussaart oder Vorkultur) und der Versorgung mit Flüssig- oder Feststoffdünger determiniert.

Im Zuge der Analyse zeigte sich, dass troggebundene Begrünungen tendenziell relativ hohe bis sehr hohe Teilnutzenwerte in Hinblick auf die Erreichung von Oberziel 3 (Verbesserung der Lebensqualität) erzielen konnten.

Die Summe der ermittelten Teilnutzen ergab für troggebundene Begrünungen (Alternative F5) einen Gesamtnutzen von mindestens 322,5 bzw. maximal 378,5 Punkten.

Nutzwertanalyse: Alternative F6 – Regalsysteme / Pflanzregale (horizontale Vegetationsfläche)

Tabelle 72: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Regalsysteme / Pflanzregale (Eigene Erstellung)

Oberziel	Subziel	Gewichtungs-faktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungs-faktor ZK	Erfüllungs- grade	Teil- nutzen
Funktionalität	Tragfähigkeit und Statik	9	Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion	F1.1.1.1.	2	2	4
			Prüfung des Wuchsuntergrundes notwendig	F1.1.1.2.	1,5	5	7,5
			Statischer Nachweis erforderlich	F1.1.1.3.	2	2	4
			Anforderung an tragende Bauteile	F1.1.1.4.	2	2	4
			Verankerung notwendig	F1.1.1.5.	1,5	4	6
	Fassadentyp	6	Eignung für den Fassadentyp Massivkonstruktion	F1.1.2.1.	2	5	10
			Eignung für den Fassadentyp Wärmedämmverbund	F1.1.2.2.	2	4	8
			Eignung für vorgehängte hinterlüftete Fassaden	F1.1.2.3.	2	5	10
	Platzbedarf	3	Notwendige Distanz zur Fassade	F1.1.3.1.	3	2	6
	Materialeinsatz und -aufwand	6	Aufwand für Kletterhilfe	F1.1.4.1.	2	2/5	4/10
			Aufwand für Pflanzgefäße	F1.1.4.2.	2	2	4
			Kumulierter Materialaufwand	F1.1.4.3.	2	1	2
	Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	6	Anschluss notwendig (Strom, Wasser) in der Betriebsphase	F1.1.5.1.	2	2	4
			Wuchsbegrenzung zum Schutz der Fassade notwendig	F1.1.5.2.	2	2	4
			Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten erforderlich	F1.1.5.3.	2	2	4
	Pflanzentypen	12	Sedum / Moose	F1.2.1.1.	2	2/5	4/10
			Gräser / Kräuter	F1.2.1.2.	2	4/5	8/10
			Stauden	F1.2.1.3.	2	4/5	8/10
			Kletterpflanzen - einjährig	F1.2.1.4.	2	2/5	4/10
			Kletterpflanzen - mehrjährig, verholzend	F1.2.1.5.	2	2/5	4/10
			Gehölze	F1.2.1.6.	2	2/5	4/10
Flächenwirkung	3	Begrünungsdauer	F1.2.2.1.	3	5	15	
Kosteneffizienz	Ausführung / Errichtung	3	Investitionsaufwand (Errichtungskosten)	F2.1.1.1.	3	4	12
	Anwuchspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.1.1.	2	4/5	8/10
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.1.2.	2	2/4	4/8
			Nährstoffversorgung	F2.2.1.3.	2	2/4	4/8
	Entwicklungspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.2.1.	2	2	4
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.2.2.	2	2/4	4/8
			Nährstoffversorgung	F2.2.2.3.	2	1/4	2/8
	Erhaltungspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.3.1.	2	2	4
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.3.2.	2	4	8
			Nährstoffversorgung	F2.2.3.3.	2	1/4	2/8
	Wartung & Instandhaltung technischer Bauteile	3	Wartungs- und Instandhaltungsaufwand	F2.2.4.1.	3	2	6
	Schutz der Bausubstanz	3	Schutz der Fassade durch physischen Materialschutz	F2.3.1.1.	3	4	12
	Dämmfunktion	6	Reduktion Wärmeverlust (Wärmepufferwirkung)	F2.4.1.1.	2	4	8
Kühlung des Fassade / Schutz vor Wärmeeindringung			F2.4.1.2.	2	4	8	
Verschattung der Fenster / Einsparung technischer Verschattungsanlagen			F2.4.1.3.	2	5	10	

Oberziel	Subziel	Gewichtungs-faktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungs-faktor ZK	Erfüllungs-grade	Teil-nutzen
Verbesserung der Lebensqualität	Habitatschaffung und Biodiversität	6	Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen und Grünkorridoren	F3.1.1.1.	2	2	4
			Artenvielfalt (Flora)	F3.1.1.2.	2	4	8
			Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorengegangene Areale	F3.1.1.3.	2	3	6
	Verdunstung / Verdunstungskälte	6	Erhöhte Luftfeuchte durch Bewässerung und Transpiration	F3.2.1.1.	3	4 / 5	12 / 15
			Hitzereduktion durch Beschattung und Transpiration der Pflanzen	F3.2.1.2.	3	4 / 5	12 / 15
	Positive mikroklimatische Effekte	3	Dauer bis zur Entfaltung positiver mikroklimatischer Wirkungen	F3.2.2.1.	3	4 / 5	12 / 15
	Rückhalt, Speicherung, Verdunstung von H2O	3	Minimierung von Abflussmengen und Abflussspitzen (Entlastung des Kanalsystems)	F3.3.1.1.	3	3 / 5	9 / 15
	Lärmschutz	4	Reduktion des Schalleintrags in Gebäude	F3.4.1.1.	2	4	8
			Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung	F3.4.1.2.	2	4	8
	Summe gSZ = 100				Summe gZK = 100		Gesamtnutzen
						min.	303,5
						max.	378,5

Mit der Installation von Regalsystemen bzw. Pflanzregalen ist in der Regel ein sehr hoher Materialaufwand verbunden, welcher sich negativ auf den erhobenen Teilnutzen auswirkte (siehe Tab. 42). Die ermittelten Werte des Subziels *Pflanzentypen* (siehe Tab. 44) werden grundsätzlich durch die Abstände der Vegetationsträger festgelegt. Die Distanz der Regale bestimmt somit auch die Eignung der verwendbaren Pflanzentypen.

Analog zu Alternative F5 ergaben sich hinsichtlich der Zielerfüllung von Oberziel 2 (Kosteneffizienz) Differenzen bei den erhobenen Teilnutzenwerten bezüglich des generellen Pflegeaufwands. Begrünungen mittels Aussaat, in Kombination mit einer Nährstoffversorgung durch Flüssigdünger, führten folglich zu verminderten Teilnutzenwerten im Vergleich zu der Verwendung von vorkultivierten Pflanzen und einer Nährstoffversorgung mit Feststoffdünger (siehe Tab. 47 bis Tab. 50). Bezüglich der energetischen Relevanz konnte Alternative F6 die höchsten Punktzahlen bei der Bewertung des Zielkriteriums „Einsparung technischer Verschattungsanlagen“ erreichen (siehe Tab. 53).

Hinsichtlich der Zielerfüllung von Oberziel 3 (Verbesserung der Lebensqualität) konnten Regalsysteme bzw. Pflanzregale relativ hohe Teilnutzenwerte erzielen. Der Punkteabzug bei der Bewertung des Potenzials zur Habitatschaffung stellt einen Unsicherheitsfaktor dar, da diese ausschließlich das Potenzial für die Zielart *Vögel* fokussierte (siehe Tab. 54).

Die Summe der errechneten Teilnutzen ergab für Regalsysteme / Pflanzregale (Alternative F6) einen Gesamtnutzen von mindestens 303,5 bzw. maximal 378,5 Punkten.

Nutzwertanalyse: Alternative F7 – Modulare Systeme (senkrechte Vegetationsfläche)

Tabelle 73: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Modulare Systeme (Eigene Erstellung)

Oberziel	Subziel	Gewichtungs-faktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungs-faktor ZK	Erfüllungs-grad	Teil-nutzen
Funktionalität	Tragfähigkeit und Statik	9	Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion	F1.1.1.1.	2	2	4
			Prüfung des Wuchsuntergrundes notwendig	F1.1.1.2.	1,5	5	7,5
			Statischer Nachweis erforderlich	F1.1.1.3.	2	2	4
			Anforderung an tragende Bauteile	F1.1.1.4.	2	2	4
			Verankerung notwendig	F1.1.1.5.	1,5	4	6
	Fassadentyp	6	Eignung für den Fassadentyp Massivkonstruktion	F1.1.2.1.	2	5	10
			Eignung für den Fassadentyp Wärmedämmverbund	F1.1.2.2.	2	4	8
			Eignung für vorgehängte hinterlüftete Fassaden	F1.1.2.3.	2	5	10
	Platzbedarf	3	Notwendige Distanz zur Fassade	F1.1.3.1.	3	4	12
	Materialeinsatz und -aufwand	6	Aufwand für Kletterhilfe	F1.1.4.1.	2	5	10
			Aufwand für Pflanzgefäße	F1.1.4.2.	2	2	4
			Kumulierter Materialaufwand	F1.1.4.3.	2	1	2
	Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	6	Anschluss notwendig (Strom, Wasser) in der Betriebsphase	F1.1.5.1.	2	2	4
			Wuchsbegrenzung zum Schutz der Fassade notwendig	F1.1.5.2.	2	5	10
			Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten erforderlich	F1.1.5.3.	2	2	4
	Pflanzentypen	12	Sedum / Moose	F1.2.1.1.	2	2	4
			Gräser / Kräuter	F1.2.1.2.	2	4	8
			Stauden	F1.2.1.3.	2	4	8
			Kletterpflanzen - einjährig	F1.2.1.4.	2	3	6
			Kletterpflanzen - mehrjährig, verholzend	F1.2.1.5.	2	3	6
			Gehölze	F1.2.1.6.	2	2	4
Flächenwirkung	3	Begrünungsdauer	F1.2.2.1.	3	5	15	
Kosteneffizienz	Ausführung / Errichtung	3	Investitionsaufwand (Errichtungskosten)	F2.1.1.1.	3	2	6
	Anwuchspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.1.1.	2	5	10
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.1.2.	2	4	8
			Nährstoffversorgung	F2.2.1.3.	2	2 / 4	4 / 8
	Entwicklungspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.2.1.	2	2	4
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.2.2.	2	4	8
			Nährstoffversorgung	F2.2.2.3.	2	1 / 4	2 / 8
	Erhaltungspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.3.1.	2	2	4
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.3.2.	2	4	8
			Nährstoffversorgung	F2.2.3.3.	2	1 / 4	2 / 8
	Wartung & Instandhaltung technischer Bauteile	3	Wartungs- und Instandhaltungsaufwand	F2.2.4.1.	3	2	6
	Schutz der Bausubstanz	3	Schutz der Fassade durch physischen Materialschutz	F2.3.1.1.	3	5	15
	Dämmfunktion	6	Reduktion Wärmeverlust (Wärmepufferwirkung)	F2.4.1.1.	2	5	10
Kühlung des Fassade / Schutz vor Wärmeeindringung			F2.4.1.2.	2	5	10	
Verschattung der Fenster / Einsparung technischer Verschattungsanlagen			F2.4.1.3.	2	4	8	

Oberziel	Subziel	Gewichtungs-faktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungs-faktor ZK	Erfüllungs-grade	Teil-nutzen
Verbesserung der Lebensqualität	Habitatschaffung und Biodiversität	6	Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen und Grünkorridoren	F3.1.1.1.	2	4 / 5	8 / 10
			Artenvielfalt (Flora)	F3.1.1.2.	2	5	10
			Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorengegangene Areale	F3.1.1.3.	2	3	6
	Verdunstung / Verdunstungskälte	6	Erhöhte Luftfeuchte durch Bewässerung und Transpiration	F3.2.1.1.	3	4 / 5	12 / 15
			Hitzereduktion durch Beschattung und Transpiration der Pflanzen	F3.2.1.2.	3	4 / 5	12 / 15
	Positive mikroklimatische Effekte	3	Dauer bis zur Entfaltung positiver mikroklimatischer Wirkungen	F3.2.2.1.	3	5	15
	Rückhalt, Speicherung, Verdunstung von H2O	3	Minimierung von Abflussmengen und Abflussspitzen (Entlastung des Kanalsystems)	F3.3.1.1.	3	3 / 4	9 / 12
	Lärmschutz	4	Reduktion des Schalleintrags in Gebäude	F3.4.1.1.	2	5	10
			Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung	F3.4.1.2.	2	5	10
Summe gSZ =		100	Summe gZK =		100	Gesamtnutzen	
						min.	347,5
						max.	374,5

In Hinblick auf die Zielerfüllung von Oberziel 1 (Funktionalität) konnten modulare Systeme mit senkrechten Vegetationsflächen (Alternative F7) relativ hohe Teilnutzen für das Subziel *Platzbedarf* erreichen, da diese Systeme nach der Montage nur eine geringe Distanz zur Fassade aufweisen (siehe Tab. 41). Die Verwendung von Kletterpflanzen ist bei diesen Systemen nicht möglich (siehe Tab. 44), wodurch sich hinsichtlich des Subziels *Materialeinsatz/-aufwand* Einsparungen für die Installation von Kletterhilfen ergaben. Gleichzeitig wurden, aufgrund des komplexen technischen Aufbaus der Systeme und des damit verbundenen hohen kumulierten Materialaufwands (siehe Tab. 42), für dieses Subziel Punktabzüge errechnet. Des Weiteren wurden relativ hohe Teilnutzenwerte für das Subziel *Flächenwirkung* ermittelt, da die Möglichkeit einer Vorkultivierung besteht und diese die Begrünungsdauer verkürzen würde (siehe Tab. 45).

Hinsichtlich der Erreichung von Oberziel 2 (Kosteneffizienz) sind mit der Errichtung dieser Begrünungssysteme relativ hohen Investitionskosten verbunden (siehe Tab. 46). Da diese prinzipiell mit Vorkulturen errichtet werden, ergaben sich jedoch Punktgewinne durch einen geminderten Pflegeaufwand in der Anwuchspflege (siehe Tab. 47).

Modulare Begrünungssysteme erzielten tendenziell hohe bis sehr hohe Teilnutzen in Hinblick auf die Erfüllung von Oberziel 3 (Verbesserung der Lebensqualität). Betreffs des Zielkriteriums „Bereitstellung von Habitaten“ ergaben sich im Vergleich zu Alternative F8 Punkzugewinne durch die Möglichkeit zur Installation von Nistmodulen für die Zielart *Vogel* (siehe Tab. 54).

Die Summe der errechneten Teilnutzen ergab für modulare Systeme mit senkrechten Vegetationsflächen (Alternative F7) einen Gesamtnutzen von mindestens 347,5 bzw. maximal 374,5 Punkten.

Nutzwertanalyse: Alternative F8 – Flächige Konstruktion (senkrechte Vegetationsfläche)

Tabelle 74: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Flächige Konstruktion (Eigene Erstellung)

Oberziel	Subziel	Gewichtungsfaktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungsfaktor ZK	Erfüllungsgrade	Teilnutzen
Funktionalität	Tragfähigkeit und Statik	9	Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion	F1.1.1.1.	2	2	4
			Prüfung des Wuchsuntergrundes notwendig	F1.1.1.2.	1,5	5	7,5
			Statischer Nachweis erforderlich	F1.1.1.3.	2	2	4
			Anforderung an tragende Bauteile	F1.1.1.4.	2	2	4
			Verankerung notwendig	F1.1.1.5.	1,5	4	6
	Fassadentyp	6	Eignung für den Fassadentyp Massivkonstruktion	F1.1.2.1.	2	5	10
			Eignung für den Fassadentyp Wärmedämmverbund	F1.1.2.2.	2	4	8
			Eignung für vorgehängte hinterlüftete Fassaden	F1.1.2.3.	2	5	10
	Platzbedarf	3	Notwendige Distanz zur Fassade	F1.1.3.1.	3	4	12
	Materialeinsatz und -aufwand	6	Aufwand für Kletterhilfe	F1.1.4.1.	2	5	10
			Aufwand für Pflanzgefäße	F1.1.4.2.	2	2	4
			Kumulierter Materialaufwand	F1.1.4.3.	2	1	2
	Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	6	Anschluss notwendig (Strom, Wasser) in der Betriebsphase	F1.1.5.1.	2	2	4
			Wuchsbegrenzung zum Schutz der Fassade notwendig	F1.1.5.2.	2	5	10
			Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten erforderlich	F1.1.5.3.	2	2	4
	Pflanzentypen	12	Sedum / Moose	F1.2.1.1.	2	2	4
			Gräser / Kräuter	F1.2.1.2.	2	4	8
			Stauden	F1.2.1.3.	2	4	8
			Kletterpflanzen - einjährig	F1.2.1.4.	2	3	6
			Kletterpflanzen - mehrjährig, verholzend	F1.2.1.5.	2	3	6
			Gehölze	F1.2.1.6.	2	2	4
Flächenwirkung	3	Begrünungsdauer	F1.2.2.1.	3	5	15	
Kosteneffizienz	Ausführung / Errichtung	3	Investitionsaufwand (Errichtungskosten)	F2.1.1.1.	3	2	6
	Anwuchspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.1.1.	2	5	10
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.1.2.	2	4	8
			Nährstoffversorgung	F2.2.1.3.	2	2 / 4	4 / 8
	Entwicklungspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.2.1.	2	2	4
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.2.2.	2	4	8
			Nährstoffversorgung	F2.2.2.3.	2	1 / 4	2 / 8
	Erhaltungspflege	6	Pflegeaufwand	F2.2.3.1.	2	2	4
			Bewässerung (Wasserverbrauch, Stromverbrauch)	F2.2.3.2.	2	4	8
			Nährstoffversorgung	F2.2.3.3.	2	1 / 4	2 / 8
	Wartung & Instandhaltung technischer Bauteile	3	Wartungs- und Instandhaltungsaufwand	F2.2.4.1.	3	2	6
	Schutz der Bausubstanz	3	Schutz der Fassade durch physischen Materialschutz	F2.3.1.1.	3	5	15
	Dämmfunktion	6	Reduktion Wärmeverlust (Wärmepufferwirkung)	F2.4.1.1.	2	5	10
			Kühlung des Fassade / Schutz vor Wärmeeindringung	F2.4.1.2.	2	5	10
Verschattung der Fenster / Einsparung technischer Verschattungsanlagen			F2.4.1.3.	2	4	8	

Oberziel	Subziel	Gewichtungs- faktor SZ	Zielkriterium	Code	Gewichtungs- faktor ZK	Erfüll- ungs- grade	Teil- nutzen
Verbesserung der Lebensqualität	Habitatschaffung und Biodiversität	6	Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen und Grünkorridoren	F3.1.1.1.	2	4	8
			Artenvielfalt (Flora)	F3.1.1.2.	2	5	10
			Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorenegegangene Areale	F3.1.1.3.	2	3	6
	Verdunstung / Verdunstungskälte	6	Erhöhte Luftfeuchte durch Bewässerung und Transpiration	F3.2.1.1.	3	4 / 5	12 / 15
			Hitzereduktion durch Beschattung und Transpiration der Pflanzen	F3.2.1.2.	3	4 / 5	12 / 15
	Positive mikroklimatische Effekte	3	Dauer bis zur Entfaltung positiver mikroklimatischer Wirkungen	F3.2.2.1.	3	5	15
	Rückhalt, Speicherung, Verdunstung von H2O	3	Minimierung von Abflussmengen und Abflussspitzen (Entlastung des Kanalsystems)	F3.3.1.1.	3	3 / 4	9 / 12
	Lärmschutz	4	Reduktion des Schalleintrags in Gebäude	F3.4.1.1.	2	5	10
			Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung	F3.4.1.2.	2	5	10
Summe gSZ =		100	Summe gZK =		100	Gesamtnutzen	
						min.	347,5
						max.	372,5

Analog zu Alternative F7 konnten flächige Konstruktionen mit senkrechten Vegetationsflächen hinsichtlich der Zielerfüllung von Oberziel 1 (Funktionalität) hohe Teilnutzenwerte in den Subzielen *Platzbedarf* (siehe Tab. 41) und *Flächenwirkung* (siehe Tab. 45) erreichen.

Die Installation dieser Systemlösungen ist mit einem erhöhten Investitionsaufwand verbunden (siehe Tab. 46). Darüber hinaus wurden für flächige Konstruktionen relativ niedrige Teilnutzenwerte hinsichtlich des Subziels *Entwicklungspflege* errechnet. Für die Entwicklung der Vegetation ist in dieser Phase von einem erhöhten Pflegeaufwand, sowie einem Mehrbedarf an Wasser und Dünger auszugehen (siehe Tab. 49). Diese Systemgruppe bietet, ähnlich wie Alternative F7, einen sehr guten Schutz der Fassade (siehe Tab. 52) und leistet eine sehr hohe Dämmleistung (siehe Tab. 53), welche sich positiv auf die Energieeffizienz des Gebäudes auswirkt.

In Hinblick auf die Zielerfüllung von Oberziel 3 (Verbesserung der Lebensqualität) konnte Alternative F8 tendenziell hohe bis sehr hohe Punktzahlen erreichen, insbesondere in Bezug auf mikroklimatische Zielsetzungen (siehe Tab. 55 und Tab. 56) und dem Subziel Lärmschutz (siehe Tab. 58)

Die Summe der errechneten Teilnutzen ergab für flächige Konstruktionen mit senkrechten Vegetationsflächen (Alternative F8) einen Gesamtnutzen von mindestens 347,5 bzw. maximal 372,5 Punkten.

6.4.1 Ergebnisse der Nutzwertanalyse - Fassadenbegrünungssysteme

Basierend auf den getätigten Berechnungen, zeigt die nachfolgende Tabelle (Tab. 75) die für die acht Systemgruppen zur Fassadenbegrünung ermittelte Rangordnung. Die Sortierung richtete sich entsprechend der erzielten Punktzahlen nach den absteigenden Maximalwerten.

Tabelle 75: Ergebnis der Nutzwertanalyse – Ermittelte Rangordnung der Systemgruppen (Alternativen) zur Fassadenbegrünung bei Sortierung nach Maximalwerten (Eigene Erstellung)

RANGORDNUNG FASSADENBEGRÜNUNGSSYSTEME				
Reihung nach Maximalwerten				
Rang	Alternative	Systemgruppe	Punkte (min.)	Punkte (max.)
Rang 1	F2	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe (Veitschii)	378,5	404,5
Rang 2	F3	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe – starr	368,5	390,5
Rang 3	F4	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel	362,5	386,5
Rang 4	F1	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe (Efeu)	361,5	385,5
Rang 5	F5	Troggebundene Begrünung (horizontale Vegetationsfläche)	322,5	378,5
Rang 6	F6	Regalsysteme / Pflanzregale (horizontale Vegetationsfläche)	303,5	378,5
Rang 7	F7	Modulare Systeme (senkrechte Vegetationsfläche)	347,5	374,5
Rang 8	F8	Flächige Konstruktion (senkrechte Vegetationsfläche)	347,5	372,5

Für die *Veitschii*-Variante der bodengebundenen Begrünungen ohne Kletterhilfen konnte ein Gesamtnutzen von maximal 404,5 Punkten errechnet werden (siehe Tab. 68). Diese Systemgruppe erzielte somit die höchsten Punktzahlen bei einer Sortierung nach Maximalwerten, weshalb Alternative F2 im Zuge dieser Analyse der erste Rang zugewiesen wurde.

Bodengebundenen Begrünungen mit starren Kletterhilfen (Alternative F3) erreichten eine Punktzahl von maximal 390,5 Punkten (siehe Tab. 69) und wurden somit dem zweiten Rang zugeordnet.

Für bodengebundenen Begrünungen mit flexiblen Kletterhilfen (Alternative F4) erfolgte die Klassifizierung bei Rangstufe 3. Der Gesamtnutzen von dieser Systemgruppe lag bei maximal 386,5 Punkten (siehe Tab. 70).

Die *Efeu*-Variante der Bodengebundenen Begrünungen ohne Kletterhilfen (Alternative F1) erreichte eine Punktzahl von maximal 385,5 Punkten (siehe Tab. 67). Somit erfolgte eine Zuordnung auf den vierten Rang.

Der ermittelte Gesamtnutzen von Alternative F5 betrug maximal 378,5 Punkte (siehe Tab. 71). Folglich erzielten Troggebundene Begrünungen mit horizontalen Vegetationsflächen, bei einer Sortierung nach Maximalwerten, den fünften Rang.

Regalsysteme bzw. Pflanzregale (Alternative F6) erreichten ebenfalls 378,5 Punkte (siehe Tab. 72). Aufgrund der größeren Differenz zu den erzielten Minimalpunkten wurde diese Systemgruppe nach Alternative F5 auf den sechsten Rang eingeordnet (siehe Tab. 71).

Für modulare Systeme mit senkrechten Vegetationsflächen (Alternative F7) erfolgte die Einreihung bei Rangstufe 7. Der Gesamtnutzen dieser Systemgruppe betrug maximal 374,5 Punkte (siehe Tab. 73).

Flächige Konstruktionen mit senkrechten Vegetationsflächen (Alternative F8) erzielten bei einer Sortierung nach Maximalwerten eine maximale Punktzahl von 372,5 Punkten (siehe Tab. 74). Infolgedessen wurde diese Systemgruppe auf den achten Rang eingeordnet.

Die nachfolgende Tabelle (Tab. 76) zeigt die errechnete Reihenfolge bei einer Sortierung nach Minimalwerten. Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass bei der Bewertung einiger Kriterien ebenfalls systemspezifische Faktoren (siehe Tab. 10) berücksichtigt wurden. Im Zuge des Bewertungsprozesses konnten also Grundpunkte und Extrapunkte erzielt werden, wodurch sich bei der Berechnung der Nutzwerte für jede Alternative eine Mindest- und Maximalpunktzahl ergab.

Tabelle 76: Ergebnis der Nutzwertanalyse – Ermittelte Rangordnung der Systemgruppen (Alternativen) zur Fassadenbegrünung bei Sortierung nach Minimalwerten (Eigene Erstellung)

RANGORDNUNG FASSADENBEGRÜNUNGSSYSTEME				
Reihung nach Minimalwerten				
Rang	Alternative	Systemgruppe	Punkte (min.)	Punkte (max.)
Rang 1	F2	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe (Veitschii)	378,5	404,5
Rang 2	F3	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe – starr	368,5	390,5
Rang 3	F4	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel	362,5	386,5
Rang 4	F1	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe (Efeu)	361,5	385,5
Rang 5	F7	Modulare Systeme (senkrechte Vegetationsfläche)	347,5	374,5
Rang 6	F8	Flächige Konstruktion (senkrechte Vegetationsfläche)	347,5	372,5
Rang 7	F5	Troggebundene Begrünung (horizontale Vegetationsfläche)	322,5	378,5
Rang 8	F6	Regalsysteme / Pflanzregale (horizontale Vegetationsfläche)	303,5	378,5

Im Vergleich zu Tab. 75 wird ersichtlich, dass die Systemgruppen der ersten vier Ränge bei einer Punktoreihung nach Minimalwerten, d. h. auch unter Berücksichtigung ungünstiger

systembezogener Faktoren, unverändert ihren Rang beibehalten. Im Gegensatz dazu konnten modulare Systeme (Alternative F7) und flächige Konstruktionen (Alternative F8), aufgrund der erreichten Mindestpunktzahlen von 347,5 Punkten, auf den fünften bzw. sechsten Rang eingeordnet werden. Demnach erzielten Troggebundene Begrünungen (Alternative F5) einen minimalen Wert von 322,5 Punkten (siehe Tab. 71), weshalb diese Art der Fassadenbegrünung dem siebten Rang zugeordnet wurde. Regalsysteme bzw. Pflanzregale (Alternative F6) erzielten bei einer Sortierung nach Minimalwerten eine Punktzahl von 303,5 Punkten (siehe Tab. 72). Infolgedessen wurde diese Systemgruppe auf den achten Rang eingeordnet.

7 Analyse – Teil 4: Überprüfung der Ergebnisse der Nutzwertanalyse

Im letzten Analyseschritt sollte mithilfe einer Sensitivitätsanalyse die Stabilität der Ergebnisse überprüft werden (siehe Kap. 2.1.1). Hierfür wurde die Gewichtung der Bewertungskriterien verändert und die in Analyseschritt 7 durchgeführten Berechnungen nochmals kalkuliert. Um das theoretische Grundgerüst zu veranschaulichen und die Übertragbarkeit dieses Bewertungsschemas für die praktische Anwendung zu verdeutlichen, erfolgte eine Wiederholung der Nutzwertanalyse auf Objektebene. Anhand einer Beispielanalyse (Szenarien) sollten unterschiedliche Stakeholder-Positionen im Kontext realer baulicher Situationen in der Gewichtung Ausdruck finden. Diesbezüglich sollten die nachfolgenden Punkte berücksichtigt werden.

Die Gewichtung der Ziel- bzw. Bewertungskriterien richtete sich nach den unterschiedlichen Zielpräferenzen der verschiedenen Stakeholder. In Hinblick auf eine Realisierung sollten diese bei einer Bewertung der Maßnahmen zur Bauwerksbegrünung erfasst werden.

Hinsichtlich der Kosten-Nutzen-Frage wurden für die weiteren Berechnungen die nachfolgenden Stakeholder als Investor*innen angenommen:

Stakeholder 1: Private Bauherr*innen bzw. Unternehmer*innen mit zu begründenden Gewerbe- oder Industriegebäuden

Stakeholder 2: Die Öffentliche Hand als Bauherr*in

Die Gewichtung der Ziel- bzw. Bewertungskriterien ist außerdem abhängig von den spezifischen baulich-räumlichen Gegebenheiten vor Ort und den baurechtlichen Rahmenbedingungen. Da diese anlassbezogen variieren, wurde versucht für die Berechnungen im Zuge der Sensitivitätsanalyse situationsbedingte Anforderungen zu formulieren, insbesondere die Verortung eines Bauwerks bzw. die bauliche Situation des direkten Umfelds (Bebauungsdichte, Gehsteigbreite, etc.) (Pfoser 2013, S194ff). Vor allem hinsichtlich der Eignung eines Gebäudes als Wuchsstandort für eine Pflanze, müssen Faktoren wie Licht-Schatten-Verhältnisse, die Exposition in Hinblick auf die Wind- und Niederschlagsbedingungen, usw. berücksichtigt werden (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019., S68f).

Darüber hinaus sind die situationsbedingten Anforderungen vor Ort mannigfaltig. Sie resultieren aus diversen Kontextualitäten, sind daher aus wissenschaftlicher Sicht schwierig zu erfassen und in einer Bewertung zu berücksichtigen. Nichtsdestotrotz sollten Aspekte, wie z. B. die Eingliederung in ein Gebäudeensemble, die Berücksichtigung des städtebaulichen Charakters, der touristische Mehrwert eines Ortes, etc. bei einer Bewertung von Maßnahmen zur Dach- und Fassadenbegrünung nicht vernachlässigt werden. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018)

Darüber hinaus sollte für die Übertragbarkeit dieses Bewertungsverfahrens auf Alt- und Neubauten die Bewertung in Hinblick auf eine vordefinierte Mindestgröße der Begrünung und ein zu erreichendes Begrünungsziel erfolgen, beispielsweise durch Festlegung eines

anzustrebenden Bodenbedeckungsgrads (Dichte der Begrünung) innerhalb eines zeitlich befristeten Rahmens. (J. Preiss, Expert*innen-Gespräch am 1.8.2018)

Auf diesen Rahmenbedingungen basierend wurden für die eben genannten Stakeholder unterschiedliche Szenarien entworfen und die nachfolgenden – in Tabelle 76 (Dachbegrünungssysteme) und Tabelle 79 (Fassadenbegrünungssysteme) ersichtlichen – Zielgewichtungen nach den Subzielen der Begrünungsmaßnahmen angenommen.

7.1 Analyseschritt 8: Sensitivitätsanalyse - Dachbegrünungssysteme

Tabelle 77: Sensitivitätsanalyse für Dachbegrünungssysteme – Gewichtung der Subziele nach Stakeholder*innen (Eigene Erstellung)

SENSITIVITÄTSANALYSE: ZIELGEWICHTUNG DACHBEGRÜNUNGSSYSTEME				
Subziel	Code	NWA	Stakeholder 1	Stakeholder 2
Tragfähigkeit	D1.1.1.	6	6	6
Zugänglichkeit	D1.1.2.	2	2	3
Begehbarkeit	D1.1.3.	2	2	4
Rutsch- und Schubsicherung	D1.1.4.	4	4	4
Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	D1.1.5.	3	3	4
Dachkonstruktionsaufbau	D1.1.6.	4	4	4
Pflanzentypen	D1.2.1.	9	9	9
Begrünungsverfahren	D1.2.2.	4	2	4
Flächenwirkung	D1.2.3.	4	2	6
Ausführung / Errichtung	D2.1.1.	2	5	2
Anwuchspflege	D2.1.2.	6	9	3
Entwicklungspflege	D2.1.3.	6	9	3
Erhaltungspflege	D2.1.4.	6	9	3
Wartung und Instandhaltung technischer Bestandteile	D2.1.5.	2	4	2
Schutz der Bausubstanz	D2.2.1.	2	4	2
Dämmfunktion	D2.3.1.	4	5	3
Habitatschaffung und Biodiversität	D3.1.1.	6	3	6
Verdunstung und Verdunstungskälte	D3.2.1.	6	3	6
Schadstoffbindung und O ₂ Produktion	D3.2.2.	6	3	6
Rückhalt / Speicherung / Verdunstung von H ₂ O	D3.3.1.	4	2	6
Lärmschutz	D3.4.1.	4	6	4
Soziale Interaktionen	D3.4.2.	2	1	3
Erneuerbare Energie	D3.5.1.	2	1	1
Urban Farming und Lebensmittelproduktion	D3.5.2.	2	1	3
Erweiterung des Lebensraums	D3.5.3.	2	1	3
Summe		100	100	100

Legende:

NWA ... Zielgewichtung Nutzwertanalyse (Dachbegrünungssysteme)

Stakeholder 1 ... Private Bauherr*innen bzw. Unternehmer*innen mit zu begrünenden Gewerbe- oder Industriegebäuden

Stakeholder 2 ... Die Öffentliche Hand als Bauherr*in

SZENARIO 1 (DACH)

Stakeholder 1: Private Bauherr*innen bzw. Unternehmer*innen mit zu begründenden Gewerbe- oder Industriegebäuden

Ein Speditionsunternehmen entscheidet sich zur Errichtung einer Lagerhalle im Betriebsbaugelände. Das 8.000 m² große Flachdach der Halle (Umkehrdach) soll in absehbarer Zeit aufgrund von behördlichen Vorgaben entsprechend des Bebauungsplans der Gemeinde begrünt werden. Die Anschaffungskosten, sowie der Wartungsaufwand für die Instandhaltung des Dachbegrünungssystems und die Folgekosten für die Pflege der Vegetation sollten möglichst gering sein.

Zielpräferenzen:

Die Gewichtung hinsichtlich der Zielerfüllung von Oberziel 1 (Funktionalität) erfolgte für dieses Szenario überwiegend analog zur Zielgewichtung in Analyseschritt 6 (siehe Tab. 60) und Analyseschritt 7. Da konstruktive und bautechnische Bewertungskriterien – unabhängig von der jeweiligen Stakeholder-Position – eine technische Notwendigkeit darstellen, und die Relevanz eines Kriteriums nicht kategorisch ausgeschlossen werden kann, ergaben sich bezüglich der Gewichtung der Subziele bei den technischen Bewertungskomponenten keine Änderungen. Betreffs der vegetationstechnischen Zielsetzungen erfolgte eine niedrigere Gewichtung für die Subziele *Begrünungsverfahren* und *Flächenwirkung*, da aus der Sicht des Speditionsunternehmens Kriterien, wie beispielsweise die Kultivierungsmöglichkeiten, die Gestaltungsvielfalt oder die Begrünungsdauer, nur als sekundär erachtet wurden.

Der Wunsch der Investor*innen nach möglichst niedrigen Anschaffungs- und Folgekosten wurde in Form einer höheren Gewichtung sämtlicher Subziele der Kosteneffizienz (Oberziel 2) berücksichtigt.

Mit Ausnahme des Subziels *Lärmschutz* erfolgt für alle Subziele von Oberziel 3 (Verbesserung der Lebensqualität) eine niedrigere Gewichtung, da diese aus Stakeholder-Sicht vernachlässigbar sind bzw. die Investor*innen diesbezüglich keine Ansprüche an die jeweilige Systemlösung stellen. Da das Ziel- bzw. Bewertungskriterium *Lärmreduzierende Wirkung auf die Umgebung* in diesem Szenario wesentlich ist, wurde dieses höher gewichtet als im vorangehenden Analyseschritt.

SZENARIO 2 (DACH)

Stakeholder 2: Die Öffentliche Hand als Bauherr*in

Die Stadt Wien beschließt die Schaffung eines kollektiv genutzten Dachgartens (5.000 m²) auf dem Dach eines Gemeindebaus (Warmdach) im dicht verbauten Stadtgebiet. Das Wohnumfeld ist gekennzeichnet durch eine hohe Flächenversiegelung und einem reduzierten Angebot an öffentlich zugänglichen Erholungs- und Grünflächen. Anfallende Pflegearbeiten werden zum größten Teil von den Bewohner*innen selbst ausgeführt. *Wiener Wohnen* würde eine möglichst rasche Inbetriebnahme des Dachgartens gutheißen.

Zielpräferenzen:

Mit der Begrünung des Daches soll eine dauerhafte Nutzung einhergehen, weshalb in Hinblick auf die Zielerfüllung von Oberziel 1 (Funktionalität) die Subziele *Begehrbarkeit* und *Flächenwirkung* im Zuge der Sensitivitätsanalyse höher gewichtet wurden.

Die niedrigere Gewichtung für die Subziele *Anwuchs-*, *Entwicklungs-* und *Erhaltungspflege* resultierte aus der Annahme, dass anfallende Pflegearbeiten, ebenso wie die Bewässerung der

Pflanzen, von den Nutzer*innen des Dachgartens selbst verrichtet werden. Grundvoraussetzung ist die sichere Zugänglichkeit des Daches.

Hinsichtlich der Zielerfüllung von Oberziel 3 (Verbesserung der Lebensqualität) wurden einige Subziele höher gewichtet, insbesondere die Subziele *Urban Farming / Lebensmittelproduktion* und *Erweiterung des Lebensraums*. Darüber hinaus basierte die Gewichtung auf der Annahme, dass die Stadt als Bauherr*in gezielt Investitionen tätigt, von denen vermehrt positive Effekte auf das Umfeld ausgehen (siehe Kap. 2.2) und die mit einer Steigerung der Lebensqualität verbunden sind.

In Tabelle 78 und Tabelle 79 werden die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse dargestellt. Für die beiden Investor*innen konnten, hinsichtlich der Frage nach der Rentabilität einer Dachbegrünung, die nachfolgenden Rangordnungen ermittelt werden.

7.1.1 Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse - Dachbegrünungssysteme

SZENARIO 1 (DACH)

Stakeholder 1: Speditionsunternehmen

Im Vergleich zu der in Analyseschritt 7 ermittelten Reihung bei neutraler Gewichtung (siehe Tab. 66), änderte sich, durch die in Szenario 1 erdachten Präferenzen und damit einhergehenden Änderungen der Gewichtungen, die Rangordnung der Systemgruppen für Dachbegrünungen (siehe Tab.78).

Tabelle 78: Sensitivitätsanalyse – Ermittelte Rangordnung der Systemgruppen zur Dachbegrünung für Stakeholder 1 (Eigene Erstellung)

RANGORDNUNG DACHBEGRÜNUNGSSYSTEME: STAKEHOLDER 1				
Rang	Alternative	Systemgruppe	Punkte (min.)	Punkte (max.)
Rang 1	D2	Reduzierte Intensivbegrünung	351,5	375,5
Rang 2	D3	Extensivbegrünung	349,5	357,5
Rang 3	D4	Reduzierte Extensivbegrünung	341	347
Rang 4	D1	Intensivbegrünung	323	347

Vor dem Hintergrund der in diesem Szenario angenommenen Zielpräferenzen wurden reduzierte Intensivbegrünungen (Alternative D2) auf den ersten Rang gereiht. Für Extensivbegrünungen (Alternative D3) erfolgte eine Platzierung auf Rang 2, für reduzierte Extensivbegrünungen (Alternative D4) eine Einordnung auf Platz 3. Intensivbegrünungen (Alternative D1) wurden in diesem Szenario auf den vierten Rang gereiht.

Bei der Betrachtung der in Tab. 77 errechneten Mindestpunktzahlen zeigt sich, dass die Differenz zwischen Rang 1 (Reduzierte Intensivbegrünung) und Rang 3 (Reduzierte Extensivbegrünung) auffallend gering ist. Demnach unterscheiden sich die drei Dachbegrünungssystemgruppen in diesem Szenario nur marginal hinsichtlich ihrer Mindestleistungen. Aus der Sicht des Speditionsunternehmens wird voraussichtlich der tatsächliche Investitionsaufwand das wesentliche Entscheidungskriterium bei der Wahl einer Systemlösung sein.

SZENARIO 2 (DACH)
Stakeholder 2: Wiener Wohnen

Durch eine veränderte Gewichtung konnte – unter Berücksichtigung der angenommenen Zielpräferenzen des Stakeholders und der situationsbedingten Anforderungen an die Systemlösungen zur Dachbegrünung – die in Tab. 79 errechnete Rangordnung für Szenario 2 ermittelt werden.

Tabelle 79: Sensitivitätsanalyse – Ermittelte Rangordnung der Systemgruppen zur Dachbegrünung für Stakeholder 2 (Eigene Erstellung)

RANGORDNUNG DACHBEGRÜNUNGSSYSTEME: STAKEHOLDER 2				
Rang	Alternative	Systemgruppe	Punkte (min.)	Punkte (max.)
Rang 1	D1	Intensivbegrünung	395	403
Rang 2	D2	Reduzierte Intensivbegrünung	382,5	390,5
Rang 3	D3	Extensivbegrünung	317,5	323,5
Rang 4	D4	Reduzierte Extensivbegrünung	267	279

Demzufolge wurden Intensivbegrünungen (Alternative D1) dem ersten Rang zugewiesen. Reduzierte Intensivbegrünungen (Alternative D2) konnten dem zweiten Platz zugeordnet werden. Für Extensivbegrünungen (Alternative D3) erfolgte eine Platzierung auf Rang 3. Reduzierte Extensivbegrünungen (Alternative D4) wurden dem vierten Platz zugewiesen.

Bei der praktischen Umsetzung dieses Szenarios würden Alternative D3 und Alternative D4 vorweg ausscheiden, da die verwendeten Systeme unter anderem eine erhöhte Tragfähigkeit in Hinblick auf das Subziel *Begehbarkeit* aufweisen müssten. Dieser Umstand wird in Tab. 79 verdeutlicht durch die relativ großen Differenzen zwischen intensiven (Alternative D1 und D2) und extensiven Begrünungsformen (Alternative D3 und D4), sowohl bei den Minimal-, als auch bei den Maximalwerten.

7.2 Analyseschritt 8: Sensitivitätsanalyse - Fassadenbegrünungssysteme

Tabelle 80: Sensitivitätsanalyse für Fassadenbegrünungssysteme – Gewichtung der Subziele nach Stakeholder (Eigene Erstellung)

SENSITIVITÄTSANALYSE: ZIELGEWICHTUNG FASSADENBEGRÜNUNGSSYSTEME				
Subziel	Code	NWA	Stakeholder 1	Stakeholder 2
Tragfähigkeit und Statik	F1.1.1.	9	9	9
Fassadentyp	F1.1.2.	6	6	6
Platzbedarf	F1.1.3.	3	4	1
Materialeinsatz und Materialaufwand	F1.1.4.	6	4,5	5
Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung	F1.1.5.	6	6	6
Pflanzentypen	F1.2.1.	12	12	12
Flächenwirkung	F1.2.2.	3	5	3
Ausführung / Errichtung	F2.1.1.	3	2	3
Anwuchspflege	F2.2.1.	6	9	6
Entwicklungspflege	F2.2.2.	6	9	6
Erhaltungspflege	F2.2.3.	6	9	6
Wartung und Instandhaltung technischer Bestandteile	F2.2.4.	3	5	3
Schutz der Bausubstanz	F2.3.1.	3	3	3
Dämmfunktion	F2.4.1.	6	6	7
Habitatschaffung und Biodiversität	F3.1.1.	6	4	7
Verdunstung und Verdunstungskälte	F3.2.1.	6	2	7
Positive mikroklimatische Effekte	F3.2.2.	3	1	2
Rückhalt / Speicherung / Verdunstung von H ₂ O	F3.3.1.	3	1	5
Lärmschutz	F3.4.1.	4	2,5	3
Summe		100	100	100

Legende

NWA ... Zielgewichtung Nutzwertanalyse (Fassadenbegrünungssysteme)

Stakeholder 1 ... Private Bauherr*innen bzw. Unternehmer*innen mit zu begrünenden Gewerbe- oder Industriegebäuden

Stakeholder 2 ... Die Öffentliche Hand als Bauherr*in

SZENARIO 3 (FASSADE)

Stakeholder 1: Private Bauherr*innen bzw. Unternehmer*innen mit zu begrünenden Gewerbe- oder Industriegebäuden

Ein privater Hotelbetrieb in einer schmalen Einkaufsstraße wünscht sich eine möglichst vollflächige Begrünung der 70 m² großen Außenfassade in Massivbauweise innerhalb der nächsten 3 Monate. Hinsichtlich des Anschaffungspreises wären die Eigentümer*innen gewillt, einen überdurchschnittlich hohen Betrag zu investieren, jedoch sollte das System selbsterhaltend sein und sich der Pflegeaufwand auf ein absolutes Minimum beschränken.

Zielpräferenzen:

Die Zielgewichtung für die Subziele zur Erfüllung von Oberziel 1 (Funktionalität) erfolgte überwiegend analog zu der in Analyseschritt 6 (siehe Tab. 61) und Analyseschritt 7. Die

teilweise identen Gewichtungen basieren auf technischen bzw. vegetationstechnischen Notwendigkeiten oder Mindestanforderungen. Aufgrund der in Szenario 3 gewählten baulichen Gegebenheiten und der Forderung nach einer raschen, dichten Begrünung, wurden die Subziele *Platzbedarf* und *Flächenwirkung* höher gewichtet.

Da der Wunsch nach einem möglichst geringen Pflegeaufwand von Seiten der Hotelbetreiber*innen explizit ausgesprochen wurde, erfolgte eine höhere Gewichtung für sämtliche Bewertungskriterien, die in Verbindung mit Pflegeaufwänden in der Anwuchs-, Entwicklungs- und Erhaltungsphase stehen.

Für die Zielsetzungen zur *Verbesserung der Lebensqualität* wurden die Gewichtungen bei sämtlichen Subzielen gemindert. Die Zielerfüllung von Oberziel 3 ist aus Sicht des Hotelbetriebs sekundär beim Entscheid zur Errichtung eines bestimmten Fassadenbegrünungssystems.

SZENARIO 4 (FASSADE)

Stakeholder 2: Die Öffentliche Hand als Bauherr*in

Die Stadtverwaltung beschließt die teilflächige Begrünung einer öffentlichen Bücherei. Diese liegt inmitten einer stark befahrenen Hauptverkehrsachse, zu deren beiden Längsseiten ausreichend Gehsteigbreite vorhanden ist. Die vorgehängte hinterlüftete Fassade soll innerhalb eines Jahres beidseitig auf einer Fläche von insgesamt 400 m² mit einem Deckungsgrad von 80 % begrünt werden. Die Stadt erhofft sich dadurch sowohl eine optische Aufwertung des Gebäudes, sowie eine bessere Energiebilanz des Bauwerks. Darüber hinaus ist es ein erklärtes Ziel der Stadt, durch die Fassadenbegrünung den in diesem Bereich befindlichen und regelmäßig im Zuge von Starkregenereignissen überforderten Abschnitt des Kanalnetzes zu entlasten.

Zielpräferenzen:

Hinsichtlich der Zielerfüllung von Oberziel 1 (Funktionalität) erfolgte in diesem Szenario eine niedrigere Gewichtung des Subziels *Platzbedarf*, da ausreichend Platz für die Installation angenommen wurde. Sonstige technische und vegetationstechnische Bewertungskriterien wurden überwiegend gleichbleibend gewichtet.

Die Zielgewichtungen für die Subziele zur Kosteneffizienz (Oberziel 2) waren, mit Ausnahme des höher gewichteten Subziels *Dämmfunktion*, größtenteils ident zu der Gewichtung in Analyseschritt 6 (siehe Tab. 60) und Analyseschritt 7.

Die höhere Gewichtung der stadtoökologischen Zielsetzungen, sowie des Subziels *Verdunstung / Verdunstungskälte*, basierte auf der Annahme, dass die Stadt diesen Ziel- bzw. Bewertungskriterien einen tendenziell höheren Stellenwert einräumt. Der durch die Fassadenbegrünung erhoffte Beitrag zu einem effektiven Regenwassermanagement spiegelt sich in der hohen Gewichtung des Subziels *Rückhalt / Speicherung / Verdunstung von H₂O* wider.

7.2.1 Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse - Fassadenbegrünungssysteme

In den nachfolgenden Tabellen sind für die zwei Szenarien die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse ersichtlich. Tabelle 81 und Tabelle 82 zeigen die nach Maximal- und Minimalwerten geordneten ermittelten Rangordnungen für Stakeholder 1. Die berechneten Reihenfolgen für Stakeholder 2 können in Tabelle 83 und Tabelle 84 abgelesen werden.

SZENARIO 3 (FASSADE)
Stakeholder 1: Hotelbetrieb

Im Vergleich zu der in Analyseschritt 7 ermittelten Rangordnung bei einer neutralen Gewichtung (siehe Tab. 75 und Tab. 76), änderte sich die Reihung für Szenario 3 bei einer Sortierung nach absteigenden Maximalwerten folgendermaßen (siehe Tab. 81):

Tabelle 81: Sensitivitätsanalyse – Ermittelte Rangordnung der Systemgruppen zur Fassadenbegrünung bei Sortierung nach Maximalwerten für Stakeholder 1 (Eigene Erstellung)

RANGORDNUNG FASSADENBEGRÜNUNGSSYSTEME: STAKEHOLDER 1				
Reihung nach Maximalwerten				
Rang	Alternative	Systemgruppe	Punkte (min.)	Punkte (max.)
Rang 1	F2	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe (Veitschii)	393,5	408,5
Rang 2	F3	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe – starr	366	382
Rang 3	F1	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe (Efeu)	365,5	381,5
Rang 4	F4	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel	361	378
Rang 5	F6	Regalsysteme / Pflanzregale (horizontale Vegetationsfläche)	293	369,5
Rang 6	F7	Modulare Systeme (senkrechte Vegetationsfläche)	339,5	368
Rang 7	F5	Troggebundene Begrünung (horizontale Vegetationsfläche)	304	367,5
Rang 8	F8	Flächige Konstruktion (senkrechte Vegetationsfläche)	339,5	366,5

Die *Veitschii*-Variante der bodengebundenen Begrünungen ohne Kletterhilfen (Alternative F2) wurde auf den ersten Rang gereiht. Bodengebundene Begrünungen mit starren Kletterhilfen (Alternative F3) belegten Rang 2. Für die *Efeu*-Variante der bodengebundenen Begrünungen ohne Kletterhilfen (Alternative F1) erfolgte eine Platzierung auf dem dritten Rang. Bodengebundene Begrünungen mit flexiblen Kletterhilfen (Alternative F4) wurden dem vierten Platz zugewiesen.

Darüber hinaus konnten bei einer Reihung nach absteigenden Maximalwerten Regalsysteme / Pflanzregale (Alternative F6) dem fünften Rang zugeordnet werden. Modulare Systeme (Alternative F7) belegten den sechsten Platz. Troggebundene Begrünungen (Alternative F5) wurden dem siebten Rang zugeordnet. Für Flächige Konstruktionen (Alternative F8) erfolgte eine Platzierung auf dem achten Rang.

Tabelle 82: Sensitivitätsanalyse – Ermittelte Rangordnung der Systemgruppen zur Fassadenbegrünung bei Sortierung nach Minimalwerten für Stakeholder 1 (Eigene Erstellung)

RANGORDNUNG FASSADENBEGRÜNUNGSSYSTEME: STAKEHOLDER 1				
Reihung nach Minimalwerten				
Rang	Alternative	Systemgruppe	Punkte (min.)	Punkte (max.)
Rang 1	F2	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe (Veitschii)	393,5	408,5
Rang 2	F3	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe – starr	366	382
Rang 3	F1	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe (Efeu)	365,5	381,5
Rang 4	F4	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel	361	378
Rang 5	F7	Modulare Systeme (senkrechte Vegetationsfläche)	339,5	368
Rang 6	F8	Flächige Konstruktion (senkrechte Vegetationsfläche)	339,5	366,5
Rang 7	F5	Troggebundene Begrünung (horizontale Vegetationsfläche)	304	367,5
Rang 8	F6	Regalsysteme / Pflanzregale (horizontale Vegetationsfläche)	293	369,5

Bei einer Sortierung nach absteigenden Minimalwerten zeigte sich, dass die Klassifizierung für die ersten vier Ränge konstant blieb. Im Vergleich zu Tab. 81 erfolgte eine Höherreihung der wandgebundenen Systemgruppen mit senkrechten Vegetationsflächen (Alternative F7 und F8), bei gleichzeitiger Abstufung der wandgebundenen Systemgruppen mit horizontalen Wuchsf lächen (Alternative F5 und F6).

Da eine vollflächige Begrünung der Fassade mittels bodengebundenen Systemlösungen innerhalb des in Szenario 3 geforderten Zeitraums als unrealisierbar erachtet werden kann, müsste sich der Hotelbetrieb für die Installation eines wandgebundenen Fassadenbegrünungstyps mit der Möglichkeit zur Vorkultivierung entscheiden. Basierend auf den Berechnungen der Sensitivitätsanalyse wird erkennbar, dass für dieses Szenario modulare Systeme (Alternative F7) am geeignetsten wären, da diese in den beiden ermittelten Rangordnungen tendenziell am höchsten gereiht wurden (siehe Tab. 81 und Tab. 82).

SZENARIO 4 (FASSADE) **Stakeholder 2: Stadt Wien**

Für Szenario 4 ergab sich durch die Berechnungen im Zuge der Sensitivitätsanalyse bei einer Reihung nach absteigenden Maximalwerten die folgende Rangordnung (siehe Tab. 83):

Tabelle 83: Sensitivitätsanalyse – Ermittelte Rangordnung der Systemgruppen zur Fassadenbegrünung bei Sortierung nach Maximalwerten für Stakeholder 2 (Eigene Erstellung)

RANGORDNUNG FASSADENBEGRÜNUNGSSYSTEME: STAKEHOLDER 2				
Reihung nach Maximalwerten				
Rang	Alternative	Systemgruppe	Punkte (min.)	Punkte (max.)
Rang 1	F2	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe (Veitschii)	380,5	411
Rang 2	F3	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe – starr	371	399
Rang 3	F1	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe (Efeu)	361,5	392
Rang 4	F4	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel	365	390
Rang 5	F5	Troggebundene Begrünung (horizontale Vegetationsfläche)	330,5	389
Rang 6	F6	Regalsysteme / Pflanzregale (horizontale Vegetationsfläche)	308,5	386
Rang 7	F7	Modulare Systeme (senkrechte Vegetationsfläche)	349	380
Rang 8	F8	Flächige Konstruktion (senkrechte Vegetationsfläche)	349	377

Den ersten Rang belegte die *Veitschii*-Variante der bodengebundenen Begrünungen ohne Kletterhilfen (Alternative F2). Bodengebundene Begrünungen mit starren Kletterhilfen (Alternative F3) wurden dem zweiten Platz zugeordnet. Die *Efeu*-Variante der bodengebundenen Begrünungen ohne Kletterhilfen (Alternative F1) erreichte den dritten Rang. Für bodengebundene Begrünungen mit flexiblen Kletterhilfen (Alternative F4) erfolgte die Einordnung auf Platz 4.

Troggebundene Begrünungen (Alternative F5) erreichten bei einer Sortierung nach Maximalwerten den fünften Rang. Des Weiteren wurden Regalsysteme / Pflanzregale (Alternative F6) auf den sechsten Platz gereiht. Rang 7 belegten modulare Systeme mit senkrechten Vegetationsflächen (Alternative F7). Flächige Konstruktionen (Alternative F8) erzielten in diesem Szenario den achten Platz.

Bei einer Sortierung nach absteigenden Minimalwerten ergaben sich für Szenario 4 im Vergleich zu Tab. 83 die nachfolgenden Änderungen (siehe Tab. 84):

Tabelle 84: Sensitivitätsanalyse – Ermittelte Rangordnung der Systemgruppen zur Fassadenbegrünung bei Sortierung nach Minimalwerten für Stakeholder 2 (Eigene Erstellung)

RANGORDNUNG FASSADENBEGRÜNUNGSSYSTEME: STAKEHOLDER 2				
Reihung nach Minimalwerten				
Rang	Alternative	Systemgruppe	Punkte (min.)	Punkte (max.)
Rang 1	F2	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe (Veitschii)	380,5	411
Rang 2	F3	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe – starr	371	399
Rang 3	F4	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe - flexibel	365	390
Rang 4	F1	Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe (Efeu)	361,5	392
Rang 5	F7	Modulare Systeme (senkrechte Vegetationsfläche)	349	380
Rang 6	F8	Flächige Konstruktion (senkrechte Vegetationsfläche)	349	377
Rang 7	F5	Troggebundene Begrünung (horizontale Vegetationsfläche)	330,5	389
Rang 8	F6	Regalsysteme / Pflanzregale (horizontale Vegetationsfläche)	308,5	386

Für die ersten beiden Plätze blieb die Zuordnung der Systemgruppen zur Fassadenbegrünung konstant. Den dritten Rang erzielten – bei einer Reihung nach absteigenden Minimalwerten – die bodengebundenen Begrünungen mit flexiblen Kletterhilfen (Alternative F4). Die *Efeu*-Variante der bodengebundenen Begrünungen ohne Kletterhilfen (Alternative F1) wurde dem vierten Platz zugeordnet.

Für wandgebundene Systemlösungen mit senkrechten Vegetationsflächen, also modulare Systeme (Alternative F7) und flächige Konstruktionen (Alternative F8), erfolgte eine Höherreihung auf die Plätze 5 und 6. Troggebundene Begrünungen (Alternative F5) wurden in diesem Szenario dem siebten Rang zugewiesen. Für Regalsysteme / Pflanzregale (Alternative F6) erfolgte eine Zuordnung zu Platz 8.

Bei der Betrachtung von Tab. 83 und Tab. 84 wird deutlich, dass für Szenario 4 – unter Berücksichtigung der angenommenen Zielpräferenzen und der baulichen Gegebenheiten – bodengebundene Fassadenbegrünungstypen hinsichtlich des Kosten-Nutzen-Verhältnisses eine höhere Punktzahl erreichten und somit tendenziell besser geeignet wären. Von den wandgebundenen Systemlösungen würden im Optimalfall troggebundene Begrünungen mit horizontalen Wuchsflächen (Alternative F5) am ehesten zur Zielerfüllung beitragen können.

8 Diskussion und Schlussfolgerungen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Analyse miteinander verglichen und interpretiert. Darüber hinaus erfolgen an dieser Stelle eine Überprüfung bzw. Diskussion des methodischen Ablaufs und der gewonnenen Erkenntnisse dieser Arbeit.

8.1 Interpretation und Diskussion der Bewertungsergebnisse

8.1.1 Bewertungsergebnisse Dachbegrünungssysteme

Nachfolgende Tabelle 85 zeigt die ermittelten Rangordnungen der Nutzwertanalyse (Analyseschritt 7) und der Sensitivitätsanalysen (Analyseschritt 8) für die Dachbegrünungssysteme.

Tabelle 85: Gegenüberstellung der berechneten Rangordnungen aus Nutzwertanalyse und Sensitivitätsanalyse der Dachbegrünungstypen (Eigene Erstellung)

	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4
Nutzwertanalyse (siehe Tab. 66)	D2	D1	D3	D4
Sensitivitätsanalyse 1 (siehe Tab. 78)	D2	D3	D4	D1
Sensitivitätsanalyse 2 (siehe Tab. 79)	D1	D2	D3	D4

Legende:

D1 ... Intensivbegrünung (Alternative D1)

D3 ... Extensivbegrünung (Alternative D3)

D2 ... Reduzierte Intensivbegrünung (Alternative D2)

D4 ... Reduzierte Extensivbegrünung (Alternative D4)

Bei der Betrachtung der Ergebnisse wird deutlich, dass sich im Zuge der Sensitivitätsanalysen durch eine modifizierte Zielgewichtung aufgrund von in den Szenarien unterschiedlich angenommenen Investor*innen-Interessen (siehe Tab. 77) die Reihung der Dachbegrünungstypen, im Vergleich zu der ermittelten Rangordnung der Nutzwertanalyse, veränderte. Demnach konnten die Ergebnisse der Bewertung mittels der Nutzwertanalyse für die Dachbegrünungs-Systemgruppen nicht bekräftigt werden. Somit wird ersichtlich, dass sich durch die unterschiedlichen Zielpräferenzen der Stakeholder sowohl die ermittelten Teilnutzen, als auch die Gesamtnutzen der Alternativen verändern. Infolgedessen variieren die errechneten Rangordnungen. Demnach wird das Ergebnis der Analyse von der Gewichtung der Ziel- bzw. Bewertungskriterien beeinflusst.

Wie in Tabelle 78 und 79 ersichtlich, ergaben die Berechnungen der Sensitivitätsanalysen der Dachbegrünungstypen für Szenario 1 (Private Bauherr*innen bzw. Unternehmer*innen) und Szenario 2 (Öffentliche Hand) stringente Ergebnisse. Dadurch wird die Transferierbarkeit des zugrundeliegenden Bewertungsverfahrens auf eine reale bauliche Situation deutlich.

Von einem ökonomischen Standpunkt aus betrachtet wäre zu erwarten gewesen, dass in Szenario 1 (Speditionsunternehmen) reduzierte Extensivbegrünungen (Alternative D4) als tendenziell kostengünstigste Variante einer Dachbegrünung (Verband für Bauwerksbegrünung 2016, S6), an erster Stelle gereiht werden. Die niedrigen Anschaffungskosten und geringen zusätzlichen finanziellen Aufwände für die Pflege der Vegetation und die Instandhaltung des Dachbegrünungssystems (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S41ff) werden

relativiert durch die verhältnismäßig geringen Beiträge zur Zielerfüllung von Oberziel 3 (Verbesserung der Lebensqualität). Reduzierte Extensivbegrünungen wurden also im Zuge von Szenario 1 lediglich auf den dritten Rang gereiht.

Reduzierte Intensivbegrünungen (Alternative D2) erzielten in Szenario 1 den ersten Rang und konnten im Vergleich zu Alternative D4 bei den umfeldbezogenen Zielen von Dachbegrünungen, also den ökologischen und sozialen Komponenten, bessere Ergebnisse erzielen. Die Dicke des Dachbegrünungsaufbaus war demnach der entscheidende Faktor für die gute Platzierung. Diese bestimmt indirekt die Vegetationszusammensetzung (Pfoser et al. 2013, S78f) und geht bei entsprechender Entwicklung der Begrünung einher mit einer Reihe an ökologischen und sozialen Verbesserungen. Demnach wurden von dieser Alternative ausgehend verstärkt stadtökologische Verbesserungen, mikroklimatische Verbesserungen, ein effektiverer Lärmschutz, etc. angenommen („die umweltberatung“ 2009, S7ff) Darüber hinaus konnten reduzierte Intensivbegrünungen durch die von ihnen bereitgestellte Möglichkeit zur Mehrfachnutzung des Daches profitieren. Hinsichtlich der Zielerfüllung von Oberziel 2 (Kosteneffizienz) muss aufgrund des komplexeren Systemaufbaus mit einem höheren Investitionsaufwand für die Errichtung und Pflege gerechnet werden, jedoch gewährleisten diese Systeme aufgrund des dickeren Schichtaufbaus einen besseren Schutz der Bausubstanz und eine effektivere Dämmleistung (67ff).

Extensivbegrünungen (Alternative D3) wurden in Szenario 1 auf den zweiten Rang gereiht. Diese Systemgruppe zeichnet sich insbesondere durch relativ niedrige Anschaffungs- und Erhaltungs- bzw. Pflegekosten aus (Verband für Bauwerksbegrünung 2016, S6) wodurch verhältnismäßig hohe Beiträge zur Erfüllung von Oberziel 2 (Kosteneffizienz) generiert werden konnten.

Intensivbegrünungen (Alternative D1) konnten in Anbetracht der in Szenario 1 angenommenen situationsbedingten Anforderungen und Zielpräferenzen von allen Alternativen die niedrigsten Werte erzielen, wodurch diese auf den vierten Rang gereiht wurden. Der relativ hohe Investitionsaufwand für die Ausführung und die Pflege der Vegetation (Pfoser et al. 2013, S67ff) überschattet die hohen Teilnutzenwerte der umfeldbezogenen Leistungen dieses Begrünungstyps.

Entsprechend der in Szenario 2 (*Wiener Wohnen*) aufgestellten Forderung nach einer dauerhaften Nutzung des Daches durch die Bewohner*innen, gilt in Hinblick auf die Zielerfüllung von Oberziel 1 (Funktionalität) das Kriterium *Tragfähigkeit des Gesamtaufbaus und der Bepflanzung* (D1.1.3.1.) als ausschlaggebend. Extensivbegrünungen (Alternative D3) und reduzierte Extensivbegrünungen (Alternative D4) weisen nur eine sehr geringe Tragfähigkeit auf und dürfen ausschließlich für Wartungsarbeiten betreten werden (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S7). Demnach erfüllen sie nicht die in Szenario 2 angenommenen Grundbedingungen.

Mit der Errichtung einer Intensivbegrünung (Alternative D1) oder einer reduzierten Intensivbegrünung (Alternative D2) sind für gewöhnlich relativ hohe Kosten für die Installation und die Pflege der Vegetation verbunden (Pfoser et al. 2013, S67ff). Anfallende Pflegearbeiten werden in Szenario 2 größtenteils von den Bewohner*innen übernommen. Dieser Umstand muss bei der Betrachtung der Ergebnisse berücksichtigt werden und stellt einen Unsicherheitsfaktor dar.

Durch den stärkeren Schichtaufbau und die Möglichkeit, eine Vielzahl an unterschiedlichen Pflanzentypen zu kultivieren (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S7) besitzen Intensivbegrünungen (Alternative D1) und reduzierte Intensivbegrünungen (Alternative D2) ein hohes ökologisches und soziales Verbesserungspotenzial für das Umfeld („die umweltberatung“ 2009, S7ff). In Abhängigkeit von der Vegetationsdichte können Dachbegrünungen zu mikroklimatischen Verbesserungen des Stadtklimas oder zu einer

Verbesserung der stadtökologischen Bedingungen, sowohl durch Habitatschaffung als auch durch eine Steigerung der Biodiversität, beitragen (Stadt Wien s.a., S12ff). Dahingehend konnten Alternative D1 und Alternative D2 generell vergleichsweise hohe Teilnutzen in Hinblick auf die Zielerfüllung von Oberziel 3 (Verbesserung der Lebensqualität) erzielen.

Anhand von Szenario 2 wird deutlich, dass in Hinblick auf die Erreichung von Oberziel 1 (Funktionalität) die im Zuge der Analyse angewandten Kriterien oft eine bautechnische Notwendigkeit darstellen (Austrian Standards Institute 2010: ÖNORM L1131, S9ff) und daher wenig Spielraum bei der Gewichtung der Kriterien gegeben ist. Somit bestimmen bereits in der Anfangsphase der Planung neben den Investor*innen-Interessen auch die Gegebenheiten vor Ort (situationsbedingte Anforderungen) über die Eignung eines bestimmten Dachbegrünungssystems. Demnach sind bei der Vorauswahl eines Begrünungstyps oft generelle Fragen wie *Welches Dach ist vorhanden?* oder *Welche Nutzung ist gewünscht?* ausschlaggebend.

8.1.2 Bewertungsergebnisse Fassadenbegrünungssysteme

In Tabelle 86 werden die errechneten Reihungen der Fassadenbegrünungssysteme dargestellt.

Tabelle 86: Gegenüberstellung der berechneten Rangordnungen aus Nutzwertanalyse und Sensitivitätsanalyse der Fassadenbegrünungstypen (Eigene Erstellung)

	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4	Rang 5	Rang 6	Rang 7	Rang 8
Nutzwertanalyse – max. (siehe Tab. 75)	F2	F3	F4	F1	F5	F6	F7	F8
Nutzwertanalyse – min. (siehe Tab. 76)	F2	F3	F4	F1	F7	F8	F5	F6
Sensitivitätsanalyse 1 – max. (siehe Tab. 81)	F2	F3	F1	F4	F6	F7	F5	F8
Sensitivitätsanalyse 1 – min. (siehe Tab. 82)	F2	F3	F1	F4	F7	F8	F5	F6
Sensitivitätsanalyse 2 – max. (siehe Tab. 83)	F2	F3	F1	F4	F5	F6	F7	F8
Sensitivitätsanalyse 2 – min. (siehe Tab. 84)	F2	F3	F4	F1	F7	F8	F5	F6

Legende

- F1 ... Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe „Efeu“ (Alternative F1)
- F2 ... Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe „Veitschii“ (Alternative F2)
- F3 ... Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe – starr (Alternative F3)
- F4 ... Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe – flexibel (Alternative F4)
- F5 ... Troggebundene Begrünung – horizontale Vegetationsfläche (Alternative F5)
- F6 ... Regalsysteme / Pflanzregale – horizontale Vegetationsfläche (Alternative F6)
- F7 ... Modulare Systeme – senkrechte Vegetationsfläche (Alternative F7)
- F8 ... Flächige Konstruktion – senkrechte Vegetationsfläche (Alternative F8)

Ebenso wie bei den durchgeführten Berechnungen zu den Dachbegrünungstypen, veränderte sich auch bei den Fassadenbegrünungstypen im Zuge der Sensitivitätsanalysen anhand der Szenarienprüfung die Reihung der jeweiligen Systemgruppe entsprechend der angenommenen

Zielgewichtungen. Folglich wurden die Ergebnisse der per Nutzwertanalyse durchgeführten Bewertung auch für die Fassadenbegrünungstypen nicht quantitativ bestätigt.

8.1.2.1 Bewertungsergebnisse Fassadenbegrünungssysteme: Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe

Bei der Betrachtung von Tab. 86 wird deutlich, dass die *Veitschii*-Variante der bodengebundenen Begrünungen ohne Kletterhilfen (Alternative F2) bei allen drei Berechnungsdurchgängen den ersten Rang erreichen konnte. Im Gegensatz dazu variierten im Zuge der Nutzwert- und der Sensitivitätsanalysen die Platzierungen der *Efeu*-Variante der bodengebundenen Begrünungen ohne Kletterhilfen (Alternative F1) zwischen den Rängen 3 und 4. Die Höherreihung von Alternative F1 in Szenario 3 wird vermutlich damit begründet, dass (beide) bodengebundenen Begrünungstypen ohne Kletterhilfen vergleichsweise hohe Teilnutzenwerte hinsichtlich der Zielerfüllung der Subziele *Materialeinsatz und Materialaufwand* und *Platzbedarf* erzielen konnten. Demnach sind für diese beiden Begrünungstypen keine zusätzlichen Aufwände für Kletterhilfen und Pflanzgefäße notwendig (Pfoser 2016, S54f). Darüber hinaus dient die Fassade selbst als Wuchsuntergrund, weshalb diese Systeme grundsätzlich als platzsparend gelten (Pfoser 2016, S124f).

In Hinblick auf die Zielerfüllung von Oberziel 2 (Kosteneffizienz) ist bei beiden Alternativen von einem verhältnismäßig niedrigen Investitionsaufwand auszugehen (MA 22 Wiener Umweltschutz-abteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S82f). Unterschiede zwischen den zwei Systemgruppen ergeben sich bezüglich des notwendigen Instandhaltungs- und Pflegeaufwands, insbesondere in der Entwicklungs- und Erhaltungsphase. Anfallende Pflegearbeiten wären hier beispielsweise die Sichtkontrolle auf Gefahrenpotenzial, die Entfernung von Totholz, Rückschnitte bzw. das Freischneiden von sensiblen Bereichen wie Fenster, Dachrinnen, Dachstühlen, etc. (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S32f). Efeu gilt im Vergleich zu *Veitschii* als starkwüchsiger und neigt vermehrt zu negativem Phototropismus, wodurch sich für diese Variante der Pflege- bzw. Kontrollaufwand erhöht (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S49f). Ein weiterer maßgeblicher Aspekt in Hinblick auf die Kosteneffizienz der beiden Alternativen wären die unterschiedlichen Laubrhythmen und ihre Auswirkungen auf die Dämmwirkung der Fassadenbegrünung. Somit kann die *Efeu*-Variante durch ihren ganzjährigen Bewuchs auch in den Wintermonaten eine sehr hohe Wärmepufferwirkung erzielen, was insofern zur positiven Energiebilanz des Gebäudes beiträgt, als dass dadurch Heizkosten gespart werden können. Bei der laubabwerfenden *Veitschii*-Variante tritt dieser Effekt nicht auf, jedoch sind im Winter solare Gewinne durch die Sonneneinstrahlung und ein dadurch herbeigeführtes Aufwärmen der Fassade möglich (Pfoser 2016, S79ff).

Gleichzeitig beeinflussen die unterschiedlichen Laubrhythmen die Effektivität der Begrünung in Hinblick auf das Subziel *Lärmschutz*. Demnach besitzt die *Veitschii*-Variante der bodengebundenen Begrünungen ohne Kletterhilfen aufgrund des Laubabwurfs im Winter nicht die Fähigkeit, den Schalleintrag in ein Gebäude zu reduzieren bzw. Lärmemissionen aus dem Gebäude zu mindern (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S22).

8.1.2.2 Bewertungsergebnisse Fassadenbegrünungssysteme: Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe

Im Vergleich zu Alternative F1 und Alternative F2 ergibt sich bei den bodengebundenen Begrünungen mit Kletterhilfen ein zusätzlicher finanzieller Aufwand für die Anschaffung und Errichtung der Wuchskonstruktionen (Pfoser 2013, S44f). Insbesondere bei einer Ausführung mit flexiblen Kletterhilfen ist von einem erhöhten Materialaufwand auszugehen. Vor allem bodengebundene Fassadenbegrünungen mit flexiblen, flächigen Kletterhilfen stellen hohe Anforderungen an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 13.7.2018)

In Hinblick auf die Zielerfüllung von Oberziel 2 (Kosteneffizienz) und Oberziel 3 (Verbesserung der Lebensqualität) konnten diese Systemgruppen durchwegs relativ hohe Teilnutzenwerte erzielen. Bis zur Entfaltung ihrer positiven ökonomischen und ökologischen / sozialen Wirkungen dauert es aber – insbesondere bei einer Ausformung als flächige Begrünung – vergleichsweise lange, da Gerüstkletterpflanzen (und Selbstklimmer in Hinblick auf Alternative F1 und F2) nur ein relativ langsames Wachstum aufweisen, (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S82ff). Gleichzeitig können flächige bodengebundene Begrünungen in starrer oder flexibler Ausführung durch den geleiteten Wuchs den Pflegeaufwand im Vergleich zu Alternative F1 und F2 reduzieren (Dettmar et al. 2016, S20ff). Anfallende Pflegearbeiten wären beispielsweise das Entfernen von abgefallenem Laub, Form-, Erziehungs- oder Rückschnitte der Vegetation, eventuell die Beigabe von Depotdünger, etc. (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S70f). Darüber hinaus besitzen diese Systemgruppen das Potenzial (ganzjährig) zum physischen Schutz der Fassade und (bei flächiger Ausführung) zu einer effektiven Dämmwirkung beizutragen (Dettmar et al. 2016, S12f).

Hinsichtlich der Erfüllung von Oberziel 3 (Verbesserung der Lebensqualität) konnte für bodengebundene Begrünungen mit starren oder flexiblen Wuchskonstruktionen bezüglich des Kriteriums *Artenvielfalt (Flora)* ein relativ hohes Verbesserungspotenzial angenommen werden, da für die Kultivierung eine große Anzahl an unterschiedlichen Gerüstkletterpflanzen zur Verfügung steht (Pfoser 2016, S218ff). Im Gegensatz dazu ist das Artenspektrum bei bodengebundenen Begrünungstypen ohne Kletterhilfen (Selbstklimmer) eingeschränkter (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S35ff).

8.1.2.3 Bewertungsergebnisse Fassadenbegrünungssysteme: Troggebundene Begrünung

Wie in Tab. 86 ersichtlich, wechselte die Platzierung von troggebundenen Begrünungen (Alternative F5) im Zuge der Analysen zwischen den Rängen 5 und 7. In Bezug auf konstruktive und bautechnische Zielsetzungen stellt diese Systemgruppe hohe Anforderungen an die Gesamtkonstruktion und die tragenden Bauteile (Pfoser 2016, S124ff). Wie auch bodengebundene Fassadenbegrünungssysteme mit Kletterhilfen, beanspruchen troggebundene Begrünungen relativ viel Platz für die Installation der Systeme an der Fassade (Dettmar et al. 2016, S24). Darüber hinaus ist bei Alternative F5 von einem erhöhten Materialeinsatz

auszugehen. So werden unter anderem Pflanzgefäße, Wuchsbegrenzer, etwaige Kletterhilfen beim Einsatz von Kletterpflanzen, sowie die notwendige Infrastruktur für die Pflege der Vegetation und die Instandhaltung der Systeme benötigt (Pfoser 2016, S124ff). Ein Vorteil von troggebundenen Begrünungen ist die Möglichkeit zur Verwendung sämtlicher Pflanzentypen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S92f).

Hinsichtlich der Zielerfüllung von Oberziel 2 (Kosteneffizienz) ist der für die Errichtung benötigte Investitionsaufwand mit jenen von bodengebundenen Begrünungen mit Kletterhilfen vergleichbar (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S84ff). Differenzen ergeben sich hinsichtlich des Pflegeaufwands. Bei der Verwendung von Vorkulturen ist der Pflegeaufwand in der Anwuchsphase ähnlich hoch wie bei bodengebundenen Fassadenbegrünungen. Bei einer Kultivierung mittels Aussaaten ist hingegen verstärkt eine künstliche Bewässerung und Nährstoffzufuhr notwendig. Für die Entwicklung und Erhaltung der Vegetation ist ebenfalls eine kontinuierliche Bewässerung und Düngezufuhr von Nöten. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018)

In Hinblick auf die Zielerfüllung von Oberziel 3 (Verbesserung der Lebensqualität) zeigte sich ein ähnlich hohes ökologisches / soziales Verbesserungspotenzial wie bei bodengebundenen Begrünungen mit Kletterhilfen, wobei Alternative F5 durch die Möglichkeit zur Verwendung von Vorkulturen theoretisch schneller einen positiven Effekt erzielen kann (wenn auf die Verwendung von Kletterpflanzen verzichtet wird) (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S92f). Es sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass die Performance von sämtlichen Fassadenbegrünungstypen in Hinblick auf ihre ökologische bzw. soziale Leistungsfähigkeit primär von der Dichte und Zusammensetzung der wachsenden Vegetation abhängig ist (Pfoser 2016, S70ff).

8.1.2.4 Bewertungsergebnisse Fassadenbegrünungssysteme: Wandgebundene Begrünung mit Regalsystemen

Ebenso wie Alternative F5 stellen Regalsysteme / Pflanzregale (Alternative F6) hohe Ansprüche an die Statik und die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion (Pfoser 2016, S120ff). Im Vergleich zu troggebundenen Systemen ist bei Pflanzregalen (wie auch bei wandgebundenen Fassadenbegrünungssystemen mit vertikalen Vegetationsflächen) von einem vergleichsweise hohen Materialaufwand auszugehen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S94ff). Der Einsatz von unterschiedlichen Pflanzentypen richtet sich bei Alternative F6 nach den Abständen der montierten Pflanzregale. Durch die Möglichkeit zur Vorkultivierung kann bei diesen Systemgruppen rasch ein Begrünungseffekt erzielt werden.

Der Investitionsaufwand für die Errichtung der Regalsysteme, sowie der Pflegeaufwand in der Anwuchs-, Entwicklungs- und Erhaltungspflege ist in etwa mit jenem von troggebundenen Systemen vergleichbar (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S94ff). Bei einer Kultivierung mittel Aussaat ist, ähnlich wie bei Alternative F5, von einem erhöhten Wasser- und Nährstoffverbrauch in der Entwicklungsphase auszugehen. Faktisch wird der tatsächliche Pflegeaufwand von Regalsystemen bzw. Pflanzregalen durch die Art der Kultivierung (Aussaat

/ Vorkultur) und die Form der Nährstoffversorgung (Flüssigdünger / Depotdünger) bestimmt. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018) Bezüglich des Subziels *Dämmfunktion* konnte diese Systemgruppe hinsichtlich des Kriteriums *Einsparung technischer Verschattungsanlagen* den vergleichsweise höchsten Teilnutzen erzielen. Dieser Umstand wird damit begründet, dass bei Alternative F6 die Möglichkeit besteht, die Pflanzregale vor die Fenster bzw. die Glasfassaden eines Gebäudes zu montieren und dadurch die Innenräume in den Sommermonaten durch die Beschattung zu kühlen. Folglich lassen sich dadurch die Kosten für den Betrieb von Klimaanlage vermindern (Pfoser et al 2013, S47).

Wie auch bei troggebundenen Fassadenbegrünungen (Alternative F5), sind die von Regalsystemen bzw. Pflanzregalen (Alternative F6) ausgehenden positiven ökologischen und sozialen Wirkungen in ihrem Ausmaß mit jenen der bodengebundenen Begrünungen mit Kletterhilfen vergleichbar. Die Dauer bis zur Entfaltung dieser positiven Effekte kann durch die Verwendung von vorkultivierten Pflanzen reduziert werden. Demnach besitzen sie das Potenzial, in hohem Maße zu mikroklimatischen Verbesserungen des Umfelds, der Stadtökologie, einem nachhaltigen Regenwassermanagement und zu einer Schallminderung im städtischen Raum beizutragen (Dettmar et al. 2016, S10f).

8.1.2.5 Bewertungsergebnisse Fassadenbegrünungssysteme: Wandgebundene Begrünung mit modularen und flächigen Vegetationsträgern

Bei modularen Systemen (Alternative F7) und flächigen Konstruktionen (Alternative F8) ist aufgrund der Vielzahl ihrer technischen Einzelkomponenten mit einem relativ hohen Materialaufwand zu rechnen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S98ff). Wie bei allen wandgebundenen Fassadenbegrünungen müssen die Systeme leicht zugänglich sein und benötigen für die Versorgung mit Wasser und Dünger die notwendigen technischen Anschlüsse (Pfoser 2016, S125ff). Gleichzeitig sind Alternative F7 und Alternative F8 (flächige Konstruktionen) die einzigen beiden Systemgruppen, die keine Wuchsbegrenzung zum Schutz der Fassade benötigen. Das Wachstum der Pflanzen wird bei diesen Systemen durch die Größe der Module bzw. die Größe der Kassetten-/Taschenelemente limitiert. Da bei modularen Systemen und flächigen Konstruktionen keine Kletterpflanzen zum Einsatz kommen, besteht auch nicht die Gefahr, dass die Systeme verwachsen bzw. Schäden am Gebäude entstehen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S98ff). Zugleich gelten diese Begrünungstypen als relativ platzsparend. Da in den Modulen eine Hinterlüftung integriert ist, können sie über eine Unterkonstruktion direkt an die Fassade montiert werden (Pfoser 2016, S60ff).

Die Anschaffung und die Errichtung von modularen Systemen (Alternative F7) und flächigen Konstruktionen (Alternative F8) ist aus eben genannten Gründen mit einem vergleichsweise hohen Investitionsaufwand verbunden (Dettmar et al. 2016, S23). Darüber hinaus ist der allgemeine Pflegeaufwand bei diesen beiden Systemgruppen als hoch einzustufen. Anfallende Pflegearbeiten wären beispielsweise die Beigabe von Feststoffdünger, notwendige Rückschnitte, Form- und Erziehungsschnitte, das Entfernen von Fremdvegetation und abgefallenem Laub oder der Austausch von Pflanzen bzw. Substrat (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S70). Durch die Verwendung von vorkultivierten Pflanzen ist der Pflegeaufwand, sowie der Wasser- und Nährstoffverbrauch in der Anwuchsphase vergleichbar mit jenen von Vorkulturen in Trögen (Alternative F5) oder Regalsystemen (Alternative F6).

Für die Entwicklung und Erhaltung der Vegetation werden vor allem bei flächigen Konstruktionen (Alternative F8) große Mengen an Wasser und Flüssigdünger benötigt (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S72ff). Durch die Verwendung von Feststoffdünger lässt sich die Düngemenge reduzieren. (V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018) Mit dem Betrieb dieser technisch komplexen, vollautomatisierten Systeme steigt gleichzeitig auch der Stromverbrauch. Darüber hinaus ist von einem erhöhten Wartungsaufwand für die Systemkomponenten auszugehen, um die Funktionstauglichkeit dieser Begrünungstypen zu garantieren (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S70ff).

Modulare Systeme und flächige Konstruktionen wiesen hinsichtlich der Subziele *Schutz der Bausubstanz* und *Dammfunktion* die höchsten Teilnutzen auf. Aufgrund ihrer Bauweise und der wachsenden Vegetation haben sie das Potenzial, die Fassade sehr effektiv vor Wind, Hagel oder UV-Strahlung zu schützen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S28). Darüber hinaus zeigen diese Begrünungstypen generell eine hohe Dämmwirkung (Coma et al. 2016, S228ff). Somit können sie dabei helfen, den Lebenszyklus der Fassade zu verlängern und durch geminderte Heiz- und Kühlkosten zu Energieeinsparungen in Gebäuden beitragen (Pfoser 2016, S76ff).

Im Zuge der Analyse wurde deutlich, dass modulare Systeme und flächige Konstruktionen in Abhängigkeiten von der verfügbaren Vegetationsdichte von allen Begrünungstypen theoretisch das höchste ökologische bzw. soziale Verbesserungspotenzial besitzen. Darüber hinaus können diese Effekte durch die Verwendung vorkultivierter Pflanzen vergleichsweise rasch eintreten (Pfoser 2016, S60ff). Bezüglich der stadtoökologischen Verbesserungen können Alternative F7 und Alternative F8 insofern einen Beitrag leisten, als dass durch die Möglichkeit zur Kultivierung unterschiedlichster Pflanzenarten neue Nahrungsquellen und Lebensräume für verschiedene Tiere geschaffen werden (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S25ff). Aufgrund ihres technischen Aufbaus ist bei modularen und flächigen Systemlösungen eine flächige Verdunstung über die wasserführenden Vegetationsträger möglich, weshalb diese Systemgruppen ein relativ hohes Potenzial zur Hitzereduktion in der Stadt und zur Verbesserung des urbanen Mikroklimas aufweisen (Pfoser 2016, S60ff). Darüber hinaus bieten – vor allem in (voll-)flächiger Ausführung – modulare Systeme (Alternative F7) und flächige Konstruktionen (Alternative F8) aufgrund ihrer senkrechten Bauweise und der potenziell hohen Vegetationsdichte einen effektiven Lärmschutz (Dettmar et al. 2016, S32).

8.1.2.6 Fazit: Bewertungsergebnisse Fassadenbegrünungssysteme

In Tabelle 86 ist ersichtlich, dass die für die Fassadenbegrünungstypen ermittelten Rangordnungen der Sensitivitätsanalysen, im Vergleich zu den Ergebnissen der Bewertung der Nutzwertanalyse, variieren. Bei genauerer Betrachtung der Tabelle zeigt sich, dass in den Berechnungen von Szenario 3 (Private Bauherr*innen bzw. Unternehmer*innen) und Szenario 4 (Öffentliche Hand) Verschiebungen in den ermittelten Rangordnungen ausschließlich innerhalb der bodengebundenen und der wandgebundenen Systemgruppen auftraten. Darüber hinaus blieben die Ränge 1 und 2 bei beiden Szenarien unverändert. Demnach lassen sich diese Ergebnisse wie folgt interpretieren:

- Hinsichtlich der Frage nach der Kosten-Nutzen-Relation weisen die *Veitschii*-Variante der bodengebundenen Begrünungen ohne Kletterhilfen (Alternative F2) und die bodengebundenen Begrünungen mit starren Kletterhilfen (Alternative F3) die höchste Rentabilität auf. Selbstverständlich sind diese Aussagen kritisch zu betrachten, da diese lediglich auf den Berechnungen zweier Szenarien beruhen.
- Darüber hinaus zeigt sich anhand der durchgeführten Kalkulationen ein Trend dazu, dass bodengebundene Begrünungstypen generell ein besseres Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen. Dieser Umstand ist vermutlich auf die tendenziell höheren Anschaffungskosten, den komplexeren Systemaufbau von fassadengebundenen Begrünungen und deren grundsätzliche Funktionsweise zurückzuführen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S92ff).
- Einerseits ist bei diesen Systemgruppen mit einem erhöhten Material- und Installationsaufwand zu rechnen, andererseits entstehen Mehrkosten durch den hohen Wasser- und Nährstoffverbrauch der Systeme und die anfallenden Pflegearbeiten (Pfoser 2016, S58ff).

8.1.3 Fazit: Bewertungsmodell

Basierend auf diesen Erkenntnissen lässt sich schlussfolgern, dass das hier eingesetzte Bewertungsmodell nur auf ähnliche bauliche Situationen übertragen werden kann. Ein Vergleich der Systemgruppen hinsichtlich ihrer Kosten-Nutzen-Relation ist zwar möglich, jedoch lassen sich diesbezüglich kaum allgemeingültige Aussagen tätigen. Demnach ist eine umfassende Beurteilung der Begrünungstypen zur Bauwerksbegrünung nicht möglich bzw. nicht sinnvoll, da stets eine anlassbezogene Begutachtung für den individuellen Standort und die vorherrschende Begrünungssituation notwendig ist.

Folglich lassen sich mit Hilfe des in dieser Arbeit angewandten Bewertungsmodells ausschließlich ähnliche bauliche Situation vergleichen. Das bedeutet, das Bewertungssystem kann dabei helfen, in einer konkreten baulichen Gegebenheit und aus der Sicht eines bestimmten Stakeholders, die Eignung eines Begrünungstyps für ein Gebäude zu erfassen und diese mittels einer Rangordnung zu versinnbildlichen.

8.2 Kritische Reflexion

8.2.1 Zielauswahl

Unsicherheiten hinsichtlich der Formulierung allgemeingültiger Aussagen zu den Systemgruppen ergaben sich bereits in Analyseschritt 1 bei der Erstellung eines geeigneten Zielsystems (Kapitel 4.1), da die Aufstellung einer Zielhierarchie prinzipiell von den jeweiligen Entscheidungsträger*innen abhängig ist. Das bedeutet, die Auswahl der Ziele, sowie die Zielsetzungen und die Verteilung der Subziele können, je nach Investor*in (private Bauherr*innen, Unternehmer*innen, private und öffentliche Bauträger, Wohnbaugesellschaften, etc.) beträchtlich variieren.

8.2.2 Objektivität vs. subjektive Bewertung

Darüber hinaus ist bei der Evaluierung niemals eine hundertprozentige Objektivität gegeben, sondern lediglich eine unterschiedlich weitreichende subjektive Bewertung möglich. Das betrifft sowohl die Selektion der Ziel- bzw. Bewertungskriterien (Kapitel 4.3), als auch die Zielgewichtung der einzelnen Kriterien (Kapitel 6.2). Im Zuge dieser Arbeit wurde versucht diese Diskrepanz zu berücksichtigen, indem in Analyseschritt 4 (Kapitel 5) eine qualitative Bewertung basierend auf einer möglichst neutralen Sichtweise durchgeführt wurde. Durch die bewusste Platzierung dieses Analyseschritts vor der eigentlichen Gewichtung der Ziel- bzw. Bewertungskriterien, wurde in weiterer Folge deutlich, dass bei der Bewertung mittels einer Nutzwertanalyse (Kapitel 6), sowie bei der nochmaligen Kalkulation bzw. Überprüfung der Bewertungsergebnisse im Zuge der Sensitivitätsanalysen (Kapitel 7), die berechneten Reihungen teilweise signifikant von den Ergebnissen der qualitativen Bewertung abweichen (siehe u.a. Tab. 85 und Tab. 86). Demnach zeigte sich, dass aus der im Zuge der qualitativen Bewertung (Kapitel 5) getroffenen Beurteilung der Systemgruppen sich nur begrenzt allgemeingültige Aussagen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit eines Begrünungstyps ableiten lassen. Durch eine nochmalige zahlengestützte Bewertung in Form einer Nutzwertanalyse und Überprüfung dieser Ergebnisse mit Hilfe von Szenarien, wurde deutlich, dass sich Unterschiede in der Performance der verschiedenen Begrünungstypen primär aufgrund von unterschiedlichen baulichen Situationen und Stakeholder-Interessen ergeben. Die deskriptive Beurteilung der Systeme bezüglich ihrer generellen Leistungsfähigkeit konnte somit nicht bekräftigt werden.

8.2.3 Preisspannen

Ein weiteres Grundproblem bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von einzelnen Begrünungstypen liegt darin, dass die Kosten nur in Form von Schätzungen berücksichtigt werden können. Durch die breiten Produktpaletten der einzelnen Herstellerfirmen, welche unterschiedlichste Systemlösungen zur Bauwerksbegrünung anbieten, ergeben sich auch dementsprechend große Preisspannen, die zusätzlich in Abhängigkeit vom Auftragsumfang bzw. der Begrünungsfläche noch stark variieren können. Durch die Wahl einer modifizierten Nutzwertanalyse als methodisches Werkzeug wurde versucht, diesem Umstand entgegenzuwirken, da bei diesem Wirtschaftlichkeitsanalyseverfahren laut HANUSCH (2011) – im Gegensatz zu einer klassischen Kosten-Nutzen-Analyse (siehe Kap. 2.1.1) oder einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse (siehe Kap. 2.1.3) – die Kostenseite für gewöhnlich nicht

berücksichtigt wird und stattdessen vorrangig die Nutzen einer Maßnahme fokussiert werden (Hanusch 2011, S175ff).

8.2.4 Messung der Vegetationsleistung

Auf der Nutzenseite wiederum bestehen Probleme bei der Erhebung der Vegetationsleistungen. Wie sollen die Leistungen der Vegetation gemessen werden, um allgemeingültige Aussagen hinsichtlich der Performance eines Begrünungstyps tätigen zu können, wo doch das Leistungspotenzial von einer Vielzahl an unterschiedlichen Faktoren wie Klima, geographische Breite, Ausführung der Bauwerksbegrünung, Pflege und Wartung der Systeme, etc. abhängig ist (Pfoser et al. 2013, S164ff)?

9 Überprüfung der Forschungsfragen und der Hypothesen

Dieses Kapitel widmet sich der zusammenfassenden Beantwortung der Forschungsfragen und der Hypothesen, die dieser Masterarbeit zugrunde liegen. Da für die Behandlung der zwei zentralen Forschungsfragen auf die Erkenntnisse der zuvor beantworteten Unterfragen zurückgegriffen werden muss, folgt die Überprüfung der Forschungsfragen und der Hypothesen ebenfalls diesem Muster.

Forschungsfrage 1.1:

Welche Technologie- und Systemlösungen für Dach- und Fassadenbegrünungen sind am Markt erhältlich?

Aktuell finden sich eine Vielzahl an verschiedenen Herstellerfirmen mit unterschiedlichen Produkten und Produktspezifikationen am Markt für Dach- und Fassadenbegrünungen. Dabei handelt es sich um relativ junge Märkte mit einem hohen Marktpotenzial. Laut PERITSCH (2017) befinden sich die Märkte für Dach- und Fassadenbegrünungen noch in ihrer Entstehungs- bzw. Wachstumsphase (Peritsch 2017, S7-16). Demnach ist davon auszugehen, dass von den einzelnen Systemanbietern die technische Weiterentwicklung der Systeme weiter vorangetrieben wird, beispielsweise durch die Verwendung neuer Materialien für einzelne Systemkomponenten oder in Form neuer technischer Lösungen für Bauwerksbegrünungen in Einklang mit den Wuchseigenschaften und Ansprüchen der Pflanzen.

Gegenwärtig werden von den diversen Herstellerfirmen von Dachbegrünungssystemen eine Vielzahl unterschiedlicher Produkte für verschiedene Situationen bzw. Kund*innen-Wünsche angeboten, z. B. das *Klima-Gründach*, das *Bienenweidedach*, das *Spardach*, etc. Diese Dächer unterscheiden sich einerseits im Aufbau (extensiv bis intensiv), vielmehr jedoch im Produktlabelling und den Assoziationen, die geweckt werden sollen.

Abbildung 11 soll veranschaulichen, dass die Klassifizierung von unterschiedlichen Formen von Dachbegrünungen (von reduzierten Extensivbegrünungen bis Intensivbegrünungen) in Abhängigkeit von der Höhe des Schichtaufbaus erfolgt. Je nach Ausführung lassen sich unterschiedliche Sonderformen ableiten, wobei die Grenzen zwischen extensiven und intensiven Dachbegrünungsformen auch fließend sein können.

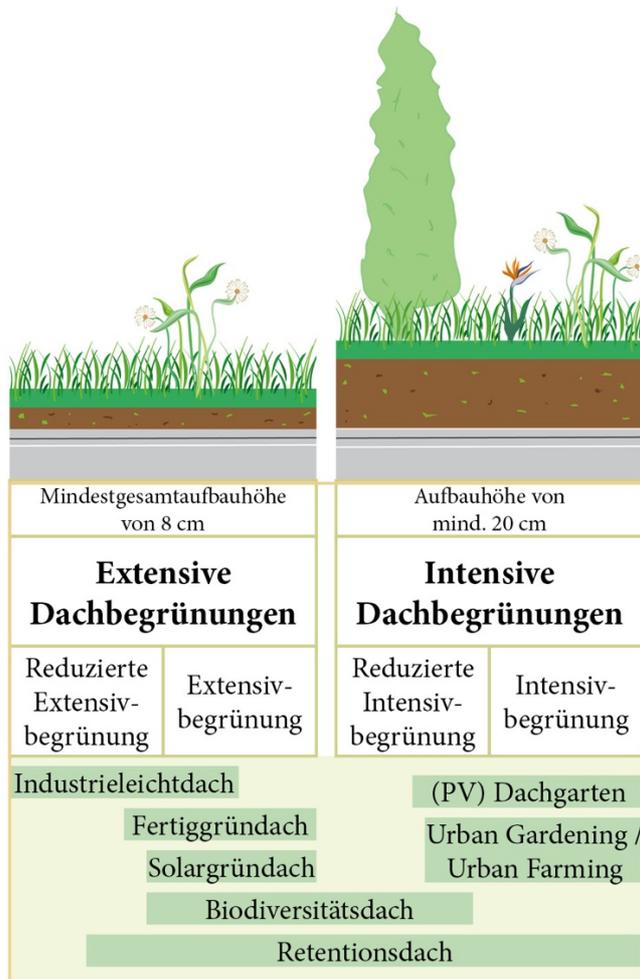


Abbildung 11: Technologie-/Systempalette für Dachbegrünungen, nach: Enzi et al. 2020, S20f (Eigene Erstellung)

Hinsichtlich der technischen Möglichkeiten zur Begrünung von Fassaden wurden die in Abbildung 12 dargestellten Begrünungsformen erhoben. Hinsichtlich der Hauptkategorien boden-, trog-, wandgebundene Systeme können weitere Unterkategorien unterschieden werden.

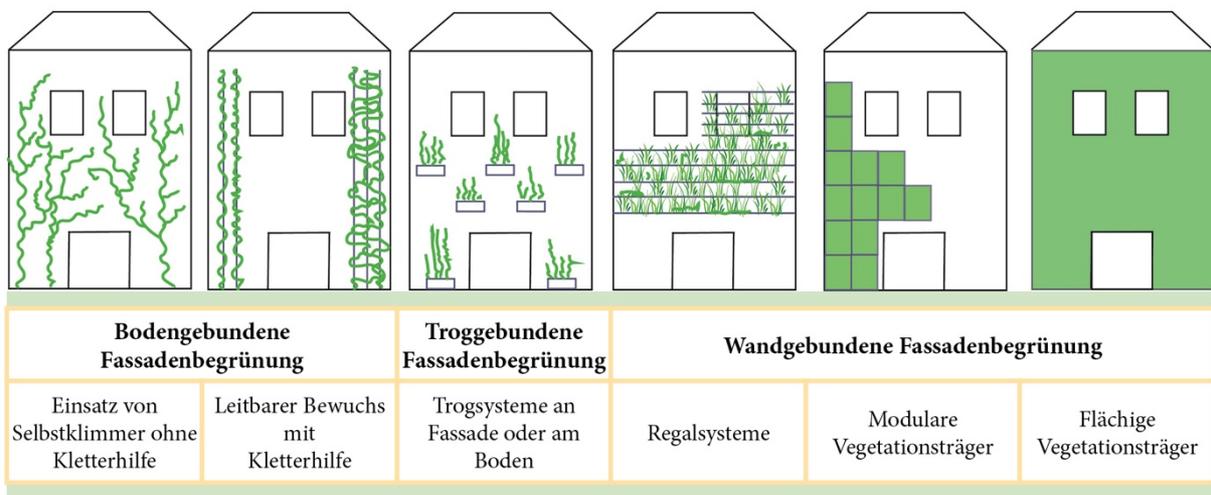


Abbildung 12: Technologie-/Systempalette für Fassadenbegrünungen, nach: Enzi et al. 2020, S22f und MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S76ff (Eigene Erstellung)

Forschungsfrage 1.2:

Lassen sich die verschiedenen Technologie- und Systemlösungen für Bauwerksbegrünungen zu Systemgruppen zusammenfassen?

Für diese Arbeit erfolgte die Klassifizierung der von den diversen Herstellerfirmen am Markt angebotenen Produkte in Form einer Gliederung nach unterschiedlichen Dachbegrünungsarten. Diese wurden von der geltenden Fassung der ÖNORM L1131:2010 „*Gartengestaltung und Landschaftsbau – Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken*“ übernommen.

Genaugenommen handelt es sich dabei um die folgenden Begrünungstypen:

- Intensivbegrünungen
- Reduzierte Intensivbegrünungen
- Extensivbegrünungen
- Reduzierte Extensivbegrünungen

Die Einteilung der Fassadenbegrünungsarten wurde anhand einer unveröffentlichten Neufassung der Publikation „*Leitfaden Fassadenbegrünung*“ (s.a.) der Wiener Umweltschutzabteilung MA 22, sowie anhand des Forschungsberichts „*Gebäude Begrünung Energie – Potenziale und Wechselwirkungen*“ (2013) der TU Darmstadt und der TU Braunschweig abgeleitet. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass im Dezember 2019 der neue und aktualisierte „*Leitfaden Fassadenbegrünung*“ der Wiener Umweltschutzabteilung MA 22 bzw. der Arbeitsgruppe 25 „*ÖkoKaufWien*“ offiziell publiziert wurde. Darüber hinaus erfolgte kurz vor der Fertigstellung dieser Arbeit die Veröffentlichung der ÖNORM L1136:2021 „*Vertikalbegrünung im Außenraum – Anforderungen an Planung, Ausführung, Pflege und Kontrolle*“. Die in der vorliegenden Masterarbeit verwendete Gliederung der Fassadenbegrünungstypen ist dabei überwiegend ident mit der Klassifizierung in ÖNORM L1136:2021.

Im Detail wurden die folgenden Fassadenbegrünungstypen eruiert:

- Bodengebundene Begrünungen ohne Kletterhilfen (*Efeu/Veitschii*)
- Bodengebundene Begrünungen mit Kletterhilfen (starr/flexibel)
- Troggebundene Fassadenbegrünungen
- Regalsysteme bzw. Pflanzregale
- Modulare Systeme mit senkrechten Vegetationsflächen
- Flächige Konstruktionen mit senkrechten Vegetationsflächen

Zentrale Forschungsfrage 1:

Inwieweit unterscheiden sich die diversen Begrünungstechniken für Dach- und Fassadenbegrünungen bezüglich ihres Kosten-Nutzen-Verhältnisses?

Anhand einer qualitativen Bewertung (Kapitel 5) mittels Literaturrecherche und leitfadengestützten Expert*innen-Interviews wurde deutlich, dass sich hinsichtlich der Frage nach der Wirtschaftlichkeit der diversen Bauwerksbegrünungsmaßnahmen, bei einer Kategorisierung nach Begrünungsarten bzw. Systemgruppen, merkliche Unterschiede ergeben. Mithilfe einer Nutzwertanalyse konnten die im Zuge der qualitativen Bewertung erhobenen Ergebnisse zahlenmäßig erfasst und in weiterer Folge durch Sensitivitätsanalysen überprüft werden.

Dabei zeigte sich, dass durch diese methodische Vorgehensweise und das zugrundeliegende Bewertungsmodell keine stichhaltigen universellen Aussagen zur Rentabilität einer bestimmten Begrünungsart getätigt werden können bzw. diese nur sehr eingeschränkte Gültigkeit besitzen. Die Evaluierung der Fassadenbegrünungstypen ergab, dass bodengebundene Systeme ein tendenziell besseres Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweise als wandgebundene Systemlösungen. Da bei der Bewertung von Bauwerksbegrünungsmaßnahmen stets auch Unsicherheitsfaktoren bzw. individuelle Entscheidungsfaktoren (Auswahl der Ziele und der Bewertungskriterien, Gewichtung der Ziel-/Bewertungskriterien, etc.) auftreten, sind die Ergebnisse nicht universell übertragbar bzw. generalisierbar.

Die zentrale Forschungsfrage 1 kann demnach soweit beantwortet werden, als dass durch die Zuhilfenahme des in dieser Masterarbeit genutzten Bewertungsverfahrens ersichtlich wurde, dass sich die einzelnen Begrünungsarten nur anhand konkreter baulicher Situationen vergleichen lassen und Rückschlüsse auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis einer Systemgruppe nur anlassbezogen möglich sind.

Hypothese 1 → BESTÄTIGT

Die diversen State Of The Art-Technologien und Systemlösungen für Dach- und Fassadenbegrünungen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Kosten-Nutzen-Relation.

Diese Annahme konnte einerseits anhand einer qualitativen Bewertung der Begrünungsarten, andererseits durch eine Quantifizierung mittels einer Nutzwertanalyse bestätigt werden. Im Zuge der Sensitivitätsanalyse wurden die zuvor ermittelten Rangordnungen anhand von Szenarien überprüft, wobei sich herausstellte, dass – mithilfe der in dieser Arbeit angewandten methodischen Vorgehensweise und dem entworfenen Bewertungsverfahren – gute Rückschlüsse auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis eines bestimmten Begrünungstyps, jedoch nur in Hinblick auf eine konkrete bauliche Situation getätigt werden können. Demnach besitzen generelle Aussagen zur Wirtschaftlichkeit von vertikalen und horizontalen Bauwerksbegrünungsmaßnahmen nur eingeschränkte Gültigkeit, da die tatsächlichen Nutzen eines Begrünungstyps von einer Vielzahl externer Faktoren abhängig sind, und diese immer anlassbezogen erhoben werden müssen.

Forschungsfrage 2.1:

Welche Verfahren zur Ermittlung der Rentabilität bzw. des gesamtgesellschaftlichen Nutzens von Investitionsprojekten kommen in der Praxis zur Anwendung?

Anhand einer Literaturrecherche wurden in Kapitel 2.1 gängige Wirtschaftlichkeitsanalyseverfahren identifiziert, welche in der Planung und Verwaltung genutzt werden, um die Rentabilität von öffentlichen Projekten zu erfassen. Im Fokus dieser Verfahren steht der effiziente Einsatz kommunaler Gelder mit einer Abwägung sämtlicher (positiver und negativer) Folgewirkungen eines Projektes. Durch eine ganzheitliche Erfassung der erwartbaren Kosten und Nutzen dienen sie der Entscheidungsfindung innerhalb mehrerer Handlungsalternativen. Im Zuge dieser Masterarbeit wurden drei gebräuchliche Methoden zur Wirtschaftlichkeitsanalyse behandelt, nämlich

- die Kosten-Nutzen-Analyse,
- die Nutzwertanalyse und
- die Kosten-Wirksamkeits-Analyse.

Forschungsfrage 2.2:

Lassen sich diese Wirtschaftlichkeitsanalyseverfahren auch auf die Installation von Dach- und Fassadenbegrünungen übertragen?

Die Ergebnisse einer Wirtschaftlichkeitsanalyse basieren generell auf einer Bewertung der positiven und negativen Wirkungen einer Handlungsalternative. Wie in den Kapitel 2.3 und 2.4 dieser Arbeit dargestellt, sind in der Fachliteratur eine Vielzahl von unterschiedlichen Methoden und Bewertungsansätzen für die wirtschaftliche Evaluierung von Umweltbauprojekten existent. Diesbezüglich kann zwischen indirekten (Reisekostenmethode, Methode der hedonischen Preise) und direkten Umweltbewertungsverfahren (Kontingente Evaluierungsmethode) unterschieden werden.

Bezüglich der ökonomischen Bewertung von Grünen Infrastruktur-Projekten wurde bei der Durchsicht der Literatur bereits im Anfangsstadium dieser Arbeit deutlich, dass in den fachspezifischen Publikationen zwar Maßnahmen wie Dach- und Fassadenbegrünungen hinsichtlich ihrer Kosten und ihrer Nutzen bewertet wurden, eine Evaluierung nach einzelnen Begrünungstypen bis dato jedoch noch nicht erfolgte (Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22 2015; City of Portland Bureau of Environmental Services 2010; Center for Neighborhood Technology 2020).

Durch die in dieser Masterarbeit angewandte methodische Vorgehensweise und die ermittelten Ergebnisse wird deutlich, dass sich Wirtschaftlichkeitsanalysen auch auf Maßnahmen der Bauwerksbegrünung übertragen lassen, wobei allgemeingültige Aussagen zur Wirtschaftlichkeit von einzelnen Begrünungsarten nur schwer zu tätigen sind.

Forschungsfrage 2.3:

Welche qualitativen und quantitativen Bewertungskriterien können für eine ökonomische Evaluierung der Systemgruppen herangezogen werden?

In Analyseschritt 3 (Kapitel 4.3) dieser Masterarbeit wurde versucht, entsprechend einer zuvor aufgestellten Zielhierarchie, potenzielle Bewertungskriterien für die Evaluierung der Dach- und Fassadenbegrünungssystemgruppen zu erarbeiten. Diese wurden anhand der einschlägigen Fachliteratur selektiert und im Zuge von Expert*innen-Interviews hinsichtlich ihrer Eignung überprüft und gegebenenfalls aktualisiert. Die Klassifizierung der Ziel- bzw. Bewertungskriterien erfolgte dabei analog zu gebäude- und umfeldbezogenen Zielvorstellungen, welche für die Evaluierung nach technischen, ökonomischen und ökologischen/sozialen Komponenten gegliedert wurden (Kapitel 5). Demnach konnten für die Dachbegrünungstypen 54 Kriterien, für die Fassadenbegrünungstypen 46 Kriterien, ermittelt werden, auf denen basierend die Bewertung der Begrünungsmaßnahmen erfolgte.

Wie in Kapitel 5 ersichtlich, wurden neben konstruktiven bzw. bautechnischen und vegetationstechnischen Ziel- bzw. Bewertungskriterien, auch Kriterien bezüglich der Kosten und Aufwände, sowie der Dauerhaftigkeit und der energetischen Relevanz eines Gebäudes behandelt. Darüber hinaus wurde versucht, die umfeldbezogenen Wirkungen von Bauwerksbegrünungen durch die Formulierung von entsprechenden Bewertungskriterien in Hinblick auf die Stadtökologie, das Mikroklima, das Regenwassermanagement, das menschliche Wohlbefinden, u. dgl. in der Evaluierung zu berücksichtigen. Im Detail wurden die in Abbildung 13 (Dach) und Abbildung 14 (Fassade) dargestellten Kriterien ermittelt.

Gebäudebezogene Bewertungskriterien für Dachbegrünungssystemgruppen

KONSTRUKTIVE / BAUTECHNISCHE FAKTOREN

1. Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion
2. Punktlast (Bauwerke, Großsträucher, Bäume, etc.) ist zu berücksichtigen
3. Windsoglast ist zu berücksichtigen
4. Konstruktiver & bautechnischer Aufwand für sichere Zugänglichkeit (Pflegegänge/Instandhaltung/etc.)
5. Tragfähigkeit des Gesamtaufbaus und der Bepflanzung
6. Rutsch- & Schubsicherung mittels bautechnischer Maßnahmen notwendig
7. Rutsch- & Schubsicherung mittels vegetationstechnischer Maßnahmen möglich
8. Wasseranschluss ist erforderlich
9. Wuchsbegrenzung (Kiesstreifen) ist erforderlich
10. Geeignet für zweischaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung, durchlüftet (Kaldach)
11. Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau ohne Wärmedämmung
12. Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung unter der Feuchtigkeitsabdichtung (Wamdach)
13. Geeignet für einschaligen Dachkonstruktionsaufbau mit Wärmedämmung über der Feuchtigkeitsabdichtung (Umkehrdach)

VEGETATIONSTECHNISCHE FAKTOREN

14. Gräser / Kräuter
15. Sedum
16. Moose
17. Stauden
18. Gehölze / Sträucher
19. Bäume
20. Kultivierungsmöglichkeiten (Einsatz von Vegetationsträgern)
21. Pflanzung oder Saat
22. Gestalt / Vielfalt
23. Dauer bis zum Erreichen der Zielvegetation (abhängig von Technik, Investitionskapital, Pflanzenwahl, etc.)

KOSTEN / AUFWÄNDE

24. Investitionsaufwand (Errichtungskosten)
25. Anwachspflege: Pflegeaufwand
26. Bewässerung (Wasser-, Stromverbrauch)
27. Nährstoffversorgung
28. Entwicklungspflege: Pflegeaufwand
29. Bewässerung (Wasser-, Stromverbrauch)
30. Nährstoffversorgung
31. Erhaltungspflege: Pflegeaufwand
32. Bewässerung (Wasser-, Stromverbrauch)
33. Nährstoffverbrauch
34. Wartungs- & Instandhaltungsaufwand

DAUERHAFTIGKEIT

35. Schutz der Dachhaut durch physischen Materialschutz

ENERGETISCHE RELEVANZ

36. Reduktion Wärmeverlust / Wärmepufferwirkung
37. Kühlung des Gebäudes / Schutz vor Wärmeeindringung

Umfeldbezogene Bewertungskriterien für Dachbegrünungssystemgruppen

STADTÖKOLOGIE

38. Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen & Grünkorridoren
39. Artenvielfalt (Flora)
40. Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorenegegangene Areale

MIKROKLIMA

41. Hitzereduktion durch versickerungsfähige Oberflächen
42. Hitzereduktion durch Beschattung & Transpiration der Pflanzen
43. Erhöhte Verdunstungsrate durch Speicherung von Niederschlagswasser
44. CO₂ Bindung durch Vegetation
45. Potenzial zur Feinstaubbindung
46. CO₂ Einsparung durch Schaffung von Freiräumen vor Ort

REGENWASSERMANAGEMENT

47. Minimierung von Abflussmengen & -spitzen (Entlastung des Kanalsystems)
48. Wasserrückhalt bzw. Abflussverzögerung

MENSCHLICHES WOHLBEFINDEN

49. Reduktion des Schalleintrags in ein Gebäude
50. Lärmreduzierende Wirkung auf die Umgebung
51. Potenzielle Freiräume für Nutzer*innengruppen

MEHRFACHNUTZUNG DES DACHES

52. Steigerung des Energieertrags von Photovoltaikanlagen durch Kühlwirkung der Dachbegrünung
53. Möglichkeit zur Nahrungsmittelproduktion
54. Schaffung von Wohnraum / Nutzfläche / Öffentlichen Raum

Abbildung 13: Übersicht der gebäude- und umfeldbezogenen Bewertungskriterien für Dachbegrünungssysteme (Eigene Erstellung)

Gebäudebezogene Bewertungskriterien für Fassadenbegrünungssystemgruppen

KONSTRUKTIVE / BAUTECHNISCHE FAKTOREN

1. Anforderung an die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion
2. Prüfung des Wuchsuntergrundes notwendig
3. Statischer Nachweis erforderlich
4. Anforderung an tragende Bauteile
5. Verankerung notwendig
6. Eignung für Fassadentyp Massivkonstruktion
7. Eignung für Fassadentyp Wärmedämmverbund
8. Eignung für vorgehängte hinterlüftete Fassade
9. Notwendige Distanz zur Fassade
10. Aufwand für Kletterhilfe
11. Aufwand für Pflanzgefäß
12. Kumulierter Materialaufwand
13. Anschluss notwendig (Strom, Wasser) in der Betriebsphase
14. Wuchsbegrenzung zum Schutz der Fassade notwendig
15. Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten erforderlich

VEGETATIONSTECHNISCHE FAKTOREN

16. Gräser / Kräuter
17. Sedum / Moose
18. Stauden
19. Kletterpflanzen - einjährig
20. Kletterpflanzen - mehrjährig, verholzend
21. Gehölze
22. Begrünungsdauer

KOSTEN / AUFWÄNDE

23. Investitionsaufwand (Errichtungskosten)
24. Anwuchspflege: Pflegeaufwand
25. Bewässerung (Wasser-, Stromverbrauch)
26. Nährstoffversorgung
27. Entwicklungspflege: Pflegeaufwand
28. Bewässerung (Wasser-, Stromverbrauch)
29. Nährstoffversorgung
30. Erhaltungspflege: Pflegeaufwand
31. Bewässerung (Wasser-, Stromverbrauch)
32. Nährstoffverbrauch
33. Wartungs- & Instandhaltungsaufwand

DAUERHAFTIGKEIT

34. Schutz der Fassade durch physischen Materialschutz

ENERGETISCHE RELEVANZ

35. Reduktion Wärmeverlust / Wärmepufferwirkung
36. Verschattung der Fassade / Schutz vor Wärmeeindringung
37. Verschattung der Fenster / Einsparung technischer Verschattungsanlagen

Umfeldbezogene Bewertungskriterien für Fassadenbegrünungssystemgruppen

STADTÖKOLOGIE

38. Bereitstellung von Habitaten (Fauna), Trittsteinbiotopen & Grünkorridoren
39. Artenvielfalt (Flora)
40. Ausgleichsflächen für durch Bebauung verlorengegangene Areale

MIKROKLIMA

41. Erhöhte Luftfeuchte durch Bewässerung & Transpiration
42. Hitzreduktion durch Beschattung & Transpiration der Pflanzen
43. Dauer bis zur Entfaltung positiver mikroklimatischer Wirkungen

REGENWASSERMANAGEMENT

44. Minimierung von Abflussmengen & -spitzen (Entlastung des Kanalsystems)

MENSCHLICHES WOHLBEFINDEN

45. Reduktion des Schalleintrags in ein Gebäude
46. Lärmreduzierende Wirkung auf Umgebung

Abbildung 14: Übersicht der gebäude- und umfeldbezogenen Bewertungskriterien für Fassadenbegrünungssysteme (Eigene Erstellung)

Zentrale Forschungsfrage 2:

Welches Wirtschaftlichkeitsanalyseverfahren ist am ehesten dazu geeignet, die Potenziale von unterschiedlichen Begrünungsmaßnahmen an Dächern und Fassaden zu überprüfen?

Grundsätzlich basieren alle drei im Zuge dieser Arbeit behandelten Wirtschaftlichkeitsanalyseverfahren auf einer vorangehenden Bewertung der im Zusammenhang mit einem Projekt stehenden Kosten und Nutzen. Hinsichtlich einer Evaluierung von Begrünungsmaßnahmen lassen sich bei einer Gliederung nach Begrünungsarten auf der Kostenseite keine präzisen Kosten für die Analyse ermitteln bzw. sind diese nur auf Produkt-Ebene mit einem sehr hohen Erhebungsaufwand festzustellen. Da bei einer Nutzwertanalyse ausschließlich die Nutzen einer Handlungsalternative fokussiert werden, die Kosten also keine Berücksichtigung finden, erscheint dieses Verfahren am geeignetsten, um Rückschlüsse auf die Wirtschaftlichkeit eines Dach- bzw. Fassadenbegrünungstyps ziehen zu können.

Im Zuge dieser Analysearbeit wurde deutlich, dass die Methode der Nutzwertanalyse in modifizierter Form geeignet ist, die Wirtschaftlichkeit einer bestimmten Begrünungsart für eine konkrete bauliche Situation zu erfassen, und basierend darauf eine Planungsempfehlung aussprechen zu können.

Hypothese 2 → BESTÄTIGT

Für die Ermittlung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses der diversen Technologie- und Systemlösungen für Dach- und Fassadenbegrünungen eignet sich insbesondere die Methode der Nutzwertanalyse.

Diese Annahme konnte im Zuge dieser Analysearbeit anhand der ermittelten Ergebnisse bestätigt werden. Die Durchführung einer methodisch modifizierten Nutzwertanalyse erwies sich als praktikables, effizientes und repräsentatives Verfahren zur Feststellung der Wirtschaftlichkeit einer bestimmten Begrünungsart im Kontext einer realen baulichen Gegebenheit. Mit Hilfe des entworfenen Bewertungsmodells wurde somit die Möglichkeit geschaffen, die Eignung eines Begrünungstyps für eine tatsächliche Bausituation zu ermitteln und hierarchisch zu ordnen. Durch die Anwendung einer modifizierten Nutzwertanalyse lassen sich zwar keine generellen Aussagen bezüglich der Kosten-Nutzen-Verhältnisse der unterschiedlichen Dach- und Fassadenbegrünungstypen tätigen, jedoch konnten anhand von Szenarien Wirkungszusammenhänge aufgezeigt werden.

10 Ausblick / Empfehlungen

Basierend auf den in dieser Masterarbeit gewonnenen Erkenntnissen werden abschließend Empfehlungen für zukünftige Forschungsarbeiten abgeleitet, welche sich vertiefend mit der Frage nach der Wirtschaftlichkeit von Gebäudebegrünungen befassen mögen. Generell besteht hinsichtlich des Themas der ökonomischen Erfassung und Bewertung von vertikalen und horizontalen Bauwerksbegrünungsmaßnahmen noch großer Forschungsbedarf.

Bei der Frage nach der Messbarkeit der weitreichenden Folgewirkungen von Dach- und Fassadenbegrünungen bedarf es weiterer Forschungsarbeit in Hinblick auf die Erfassung der Vegetations- und Ökosystemleistungen, um diesbezüglich allgemeingültige Aussagen treffen zu können. Dazu sollten einheitliche Kriterienkataloge für die Evaluierung von Dach- und Fassadenbegrünungsmaßnahmen entworfen bzw. diese implementiert werden.

Basierend auf den Erkenntnissen dieser Arbeit wäre es interessant, das erarbeitete Bewertungsmodell auf ein konkretes Fallbeispiel mit einer Kombination von Dach- und Fassadenbegrünungen zu übertragen. Einerseits um für eine reale Situation die ökonomisch geeignetsten Begrünungsarten für einen Stakeholder zu ermitteln, andererseits um Rückschlüsse auf den Gesamtnutzen eines begrünten Gebäudes ziehen zu können.

Das erstellte Bewertungsmodell könnte als Grundgerüst einer IT-Software dienen, mit welcher die Wirtschaftlichkeit einer Begrünungsart anlassbezogen ermittelt werden kann. Die Verfügbarkeit von Metadaten zu den Marktpreisen der einzelnen Systemhersteller sowie von gebäude- und umfeldbezogenen Daten wäre eine Vorbedingung. Im Zuge des Analysevorgangs könnten durch die Formulierung von Ausschlusskriterien Begrünungstypen aufgrund von bautechnischen Gegebenheiten oder von expliziten Investor*innen-Wünschen vorweg ausscheiden und das Verfahren somit effizienter bzw. praktikabler machen.

Um für eine entsprechende Situation das optimale Kosten-Nutzen-Verhältnis erheben zu können, bietet sich eine nochmalige Berechnung mittels des hier angewandten Bewertungsmodells an, wobei eine Kategorisierung nicht nach Begrünungsarten, sondern nach Produkten erfolgen sollte. Dafür wären Metadaten zu den Preisen der unterschiedlichen Systemlösungen notwendig bzw. könnte die Kalkulation mit einer kleineren Stichprobe, basierend auf der ersten (qualitativen) Bewertung, erfolgen. So könnten beispielsweise je Begrünungstyp 5 Produkte anhand eines Fallbeispiels miteinander verglichen und anlassbezogen jene Systeme mit den besten Kosten-Nutzen-Verhältnissen ermittelt werden.

Abschließend sei angemerkt, dass Bauwerksbegrünungen maßgeblich zur Erreichung von Klimaschutzzielen und zur Steigerung unsere Lebensqualität beitragen können, wobei die Summenwirkung über die Effektivität dieser Maßnahmen entscheidet. Die positiven Auswirkungen von urbanen Grünen Infrastruktur-Maßnahmen auf den unmittelbar umgebenden Raum, sowie das Potenzial, großflächige Verbesserungen in Hinblick auf das Klima, die Stadtökologie, etc. erzielen zu können, wird insbesondere durch die Quantität der Maßnahmen bestimmt. In diesem Sinne ist die Forcierung von Dach- und Fassadenbegrünungen im städtischen und semi-urbanen Raum mehr als wünschenswert.

11 Literaturverzeichnis

Allgemeine Unfallversicherungsanstalt AUVA (2006). Broschüre "Sicherheit auf dem Dach".
Online unter

<https://www.auva.at/cdscontent/load?contentid=10008.544704&version=1548234692>
(19.04.2020).

Austrian Standards Institute (2010): Gartengestaltung und Landschaftsbau – Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken. Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung (ÖNORM L1131:2010 03 01).

Austrian Standards Institute (2010): Schalltechnische Grundlagen für die örtliche und überörtliche Raumplanung und -ordnung (ÖNORM S 5021:2010 04 01).

Austrian Standards Institute (2012): Schallschutz und Raumakustik im Hochbau – Teil 5: Klassifizierung (ÖNORM B 8115-5:2012 04 01).

Austrian Standards Institute (2016): Gartengestaltung und Landschaftsbau – Grünflächenpflege, Grünflächenerhaltung (ÖNORM L1120:2016 07 01).

Austrian Standards Institute (2017): Vertikalbegrünung im Außenraum (ÖNORM L1136).
(unveröffentlicht, Entwurf in Ausarbeitung).

Benes, G., Groh, P., Miltenberger, H. J., Vossebein, U. (2004). Kosten-Nutzen-Analyse als Instrument des Qualitätsmanagements. Erstauflage. Kissing: WEKA MEDIA GmbH.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft BMLFUW (2007). Handbuch Umgebungslärm – Minderung und Ruhevorsorge. *Online unter*
https://www.laerminfo.at/service/laermpublikationen/hb_umgebungslaerm.html (23.3.2021).

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus BMNT (2017). Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel, Teil 1 – Kontext. *Online unter*
https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/klimaschutz/nat_klimapolitik/anpassungsstrategie/oe_strategie.html (24.1.2021).

Center for Neighborhood Technology CNT (2020). Green Values Strategy Guide – Linking Green Infrastructure Benefits to Community Priorities. *Online unter*
<https://www.cnt.org/sites/default/files/publications/Green%20Values%20Strategy%20Guide.pdf> (21.2.2021).

Chay, K. Y., Greenstone, M. (2003). Air quality, infant mortality, and the Clean Air Act of 1970. SSRN Electronic Journal XI, s.p..
<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.509182>.

City of Portland Bureau of Environmental Services (2010). Portland's Green Infrastructure – Quantifying the Health, Energy, and Community Livability Benefits. *Online unter* <https://www.portlandoregon.gov/bes/article/298042> (18.1.2021).

Coma, J., Pérez, G., de Gracia, A., Burés, S., Urrestarazu, M., Cabeza, L.F. (2016). Vertical greenery systems for energy savings in buildings – A comparative study between green walls and green facades. *Building and Environment* 111, 228-237.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.014>.

Davis, M., Naumann, S. (2017). Making the Case for Sustainable Urban Drainage Systems as a Nature-Based Solution to Urban Flooding. In: Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., Bonn, A. (Eds.): *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas – Linkages between Science, Policy and Practice*. Cham, Switzerland: Springer Open, 123-137.

Demuzere, M., Orru, K., Heidrich, O., Olazabal, E., Geneletti, D., Orru, H., Bhave, A. G., Mittal, N., Feliu, E., Faehnle, M. (2014). Mitigating and adapting to climate change – Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of Environmental Management* 146, 107-115.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.025>.

Derkzen, M. L., van Teeffelen, A. J. A., Verburg, P. H. (2016). Green infrastructure for urban climate adaptation – How do residents' views on climate impacts and green infrastructure shape adaptation preferences?. *Landscape and Urban Planning* 157, 106-130.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.05.027>.

Dettmar, J., Pfoser, N., Sieber, S. (2013). Gutachten Fassadenbegrünung. Gutachten über quartiersorientierte Unterstützungsansätze von Fassadenbegrünungen für das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MKUNLV) NRW. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt.

European Commission (2013). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Green Infrastructure (GI): Enhancing Europe's Natural Capital. *Online unter* http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:d41348f2-01d5-4abe-b817-4c73e6f1b2df.0014.03/DOC_1&format=PDF (14.03.2019).

European Commission (2015). Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities. Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on “Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities”. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

European Commission (2016). Supporting the Implementation of Green Infrastructure. *Online unter* http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructures/GI%20Final%20Report.pdf (14.03.2019).

Enzi, V., Formanek, S., Peritsch, M. (2020). Green Market Report Kompakt – Bauwerksbegrünung in Österreich. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. *Online unter* https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2020-27-green-market-report-kompakt.pdf (29.10.2021).

F. Jud Architektur AG (2020). AQUA. *Online unter* <https://www.judag.ch/referenzen/efh-aqua/> (23.06.2020).

Ferk, H. J., Kainz, F., Lammer, C., Ofner, J. (2012). Schall und Lärm im Fokus von Regelungen. OIB aktuell – Mitteilungen des Österreichischen Instituts für Bautechnik 1(13), 12-21. *Online unter* https://www.oib.or.at/sites/default/files/heft_1_2012_redaktioneller_teil.pdf (26.4.2020).

Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (2018): Fassadenbegrünungsrichtlinien – Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Wand- und Fassadenbegrünungen. 3. überarbeitete und ergänzte Ausgabe. Bonn.

Gabler Wirtschaftslexikon (2021). Wohlfahrtsökonomik. *Online unter* <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/wohlfahrtsoekonomik-50000/version-273226> (11.06.2021).

Geschäftsstelle der Österreichischen Raumordnungskonferenz ÖROK (2011). Österreichisches Raumentwicklungskonzept ÖREK 2011 – Handlungsräume 2020. *Online unter* https://www.oerok.gv.at/fileadmin/user_upload/Bilder/2.Reiter-Raum_u_Region/1.OEREK/OEREK_2011/Dokumente_OEREK_2011/OEREK_2011_DE_Downloadversion.pdf (24.1.2021).

Gläser, J., Laudel, G. (2009). Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen. 4. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH.

Hanusch, H. (2011). Nutzen-Kosten-Analyse. 3. Auflage, München: Verlag Franz Vahlen GmbH.

Helfferrich, C. (2011). Die Qualität qualitativer Daten – Manual für die Durchführung qualitativer Interviews. 4. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.

Kabisch, N., Annerstedt van den Bosch, M., (2017). Urban Green Spaces and the Potential for Health Improvement and Environmental Justice in a Changing Climate. In: Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., Bonn, A. (Eds.): Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas – Linkages between Science, Policy and Practice. Cham, Switzerland: Springer Open, 207-220.

Kovats, R. S., Valentini, R., Bouwer, L. M. et al. (2014). Europe. In: Barros, V. R., Field, C. B., Dokken, D. J. et al. (Eds.): Climate Change 2014 – Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B – Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 1267-1326.

Kunze, D. M., Blanek, H.-D., Simons, D. (1974). Nutzwertanalyse als Entscheidungshilfe für Planungsträger. 2. Auflage. Hilstrup: KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH.

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V. (2013). Es wächst etwas auf dem Dach. *Online unter*
http://www.zalf.de/htmlsites/zfarm/Documents/leitfaden/dachgewaechshaeuser_leitfaden.pdf
(23.4.2020).

MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume (s.a.). Leitfaden Fassadenbegrünung. Stadt Wien: (Sichtungsausgabe Neufassung).

MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume (2019): Leitfaden Fassadenbegrünung. *Online unter*
<https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/fassadenbegruenung-leitfaden.pdf>
(12.6.2021).

Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung (2015). Fachkonzept Grün- und Freiraum. *Online unter*
<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008394b.pdf> (24.1.2021).

Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung (2018). Fachkonzept Öffentlicher Raum. *Online unter*
<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008522.pdf> (24.1.2021).

Mishan, E. J. (1975). Elemente der Kosten-Nutzen-Analyse. Frankfurt/Main: Campus Verlag GmbH.

Morawetz, U., Koemle, D. (2017). Contingent Valuation of Measures against Urban Heat – Limitations of a Frequently Used Method. *Journal of Urban Planning and Development* 143(3), s.p.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000384](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000384).

Naturkapital Deutschland – TEEB DE (2012). Der Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft – Eine Einführung. München, Leipzig, Bonn: ifuplan, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Bundesamt für Naturschutz.

Optigrün International AG (2020). Durchdachte Gründachlösungen vom Experten – Planungsunterlage – Stand 02/2020. *Online unter* <https://www.optigruen.at/fileadmin/05-prospekte/pu/de/optigruen-planungsunterlage.pdf> (18.12.2020).

Peritsch, M. (2017). Chancenreport Urbane Grünflächen. Baden: IMG Innovation Management Group GmbH.

Pflanzenforschung (2021). Evapotranspiration. *Online unter* <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/lexikon-a-z/evapotranspiration-10021> (11.06.2021).

Pfoser, N., Jenner, N., Henrich, J., Heusinger, J., Weber, S. (2013). Gebäude, Begrünung und Energie. Potenziale und Wechselwirkungen – Interdisziplinärer Leitfaden als Planungshilfe zur Nutzung energetischer, klimatischer und gestalterischer Potenziale sowie zu den Wechselwirkungen von Gebäude, Bauwerksbegrünung und Gebäudeumfeld. Abschlussbericht August 2013, Darmstadt: TU Darmstadt, Fachbereich Architektur.

Pfoser, N. (2016). Fassade und Pflanze – Potenziale einer neuen Fassadengestaltung. Darmstadt: Dissertation an der TU Darmstadt, Fachbereich Architektur, Darmstadt.

Raymond, C. M., Berry, P., Breil, M. et al. (2017). An Impact Evaluation Framework to Support Planning and Evaluation of Nature-based Solutions Projects – Report prepared by the EKLIPSE Expert Working Group on Nature-based Solutions to Promote Climate Resilience in Urban Areas. Wallingford, United Kingdom: Centre for Ecology & Hydrology.

Schneider, J. (2001). Die ökonomische Bewertung von Umweltprojekten. Zur Kritik an einer umfassenden Umweltbewertung mit Hilfe der Kontingenten Evaluierungsmethode. Berlin – Heidelberg: Springer-Verlag.

Stadt Wien (s.a.). Leitfaden Dachbegrünung (Sichtungsausgabe Neufassung). Wien: Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Institut für Botanik, Verband für Bauwerksbegrünung.

TEEB (2010). The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations – Edited by Pushpam Kumar. *Online unter* <http://www.teebweb.org/wp-content/uploads/Study%20and%20Reports/Reports/Ecological%20and%20Economic%20Foundations/TEEB%20Ecological%20and%20Economic%20Foundations%20report/TEEB%20Foundations.pdf> (25.3.2021).

United Nations (2015). Transforming our world – the 2030 Agenda for Sustainable Development, Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. *Online unter*

https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E (24.1.2021).

van den Berg, M., Wendel-Vos, W., van Poppel, M., Kemper, H., van Mechelen, W., Maas, J. (2015). Health benefits of green spaces in the living environment – A systematic review of epidemiological studies. *Urban Forestry & Urban Greening* (14), 806-816.

<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.07.008>.

Verband für Bauwerksbegrünung (2016). Grundlagen der Dachbegrünung. *Online unter*

https://www.gruenstattgrau.org/wp-content/uploads/2016/10/Grundlagen_Dachbegruenung.pdf (12.3.2021).

Voegele, A., Sommer, L. (2012). Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung für Ingenieure. Erstauflage. München: Carl Hanser Verlag.

Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., Kinzig, A. (2004): Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society* 9(2), s.p..

DOI:10.5751/ES-00650-090205.

Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22 (2015). Urban Heat Islands Strategieplan Wien. *Online unter*

<https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf> (23.2.2019).

WW Wohnwagon GmbH (2020). Wasserkreisläufe. *Online unter*

<https://www.wohnwagon.at/category/wasserkreislaeufe/> (23.06.2020).

“die umweltberatung” Wien (2009). Logisch gedacht ist ökologisch bedacht – Ein Leitfaden für die Dachbegrünung. Wien: Stadt Wien, Themenbereich Naturnahes Gärtnern, Stadtökologie, Die Wiener Volkshochschulen GmbH.

13 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispiele für betriebswirtschaftliche Entscheidungsinstrumente, nach: Voegele et al. 2012 (Eigene Erstellung)	27
Tabelle 2: Ausschnitt unterschiedlicher Methoden zur Umweltbewertung, nach: TEEB 2010, S247; Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2012, S56-60 (Eigene Erstellung)	32
Tabelle 3: Formulierung des Zielsystems bzw. Aufstellung eines Zielszenarios und die für die nachfolgende Bewertung abgeleiteten gesamtgesellschaftlichen Zielsetzungen (Eigene Erstellung).....	42
Tabelle 4: Die der Einzelbewertung zugrundeliegenden zentralen Literaturwerke (Eigene Erstellung).....	44
Tabelle 5: Interviewtermine (Eigene Erstellung).....	45
Tabelle 6: Subzielszenarien für die Bewertung der Systemgruppen zur Dachbegrünung (Eigene Erstellung)	51
Tabelle 7: Subzielszenarien für die Bewertung der Systemgruppen zur Fassadenbegrünung (Eigene Erstellung)	53
Tabelle 8: Ziel-/Bewertungskriterien für die Bewertung der Dachbegrünungssystemgruppen (Eigene Erstellung)	57
Tabelle 9: Ziel-/Bewertungskriterien für die Bewertung der Fassadenbegrünungssystemgruppen (Eigene Erstellung).....	59
Tabelle 10 Systembezogene Faktoren für die Bewertung der Dächer und Fassaden (Eigene Erstellung).....	63
Tabelle 11: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Tragfähigkeit (Eigene Erstellung)	64
Tabelle 12: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Zugänglichkeit (Eigene Erstellung)	66
Tabelle 13: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Begehbarkeit (Eigene Erstellung)	67
Tabelle 14: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Rutsch- & Schubsicherungen (Eigene Erstellung)	68
Tabelle 15: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung (Eigene Erstellung).....	70
Tabelle 16: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Dachkonstruktionsaufbau (Eigene Erstellung).....	71
Tabelle 17: Lastannahme unterschiedlicher Dachbegrünungstypen, Quelle: Fa. Optigrün 2020 (Eigene Erstellung)	71
Tabelle 18: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Pflanzentypen (Eigene Erstellung)	73
Tabelle 19: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Begrünungsverfahren (Eigene Erstellung).....	75
Tabelle 20: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Flächenwirkung (Eigene Erstellung).....	77

Tabelle 21: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Ausführung/Errichtung (Eigene Erstellung).....	79
Tabelle 22: Herstellungskosten nach Pfoser et al. 2013, S64-69 (Eigene Erstellung)	80
Tabelle 23: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Anwuchspflege (Eigene Erstellung).....	81
Tabelle 24: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Entwicklungspflege (Eigene Erstellung).....	83
Tabelle 25: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Erhaltungspflege (Eigene Erstellung).....	84
Tabelle 26: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Wartung & Instandhaltung technischer Bestandteile (Eigene Erstellung)	86
Tabelle 27: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Schutz der Bausubstanz (Eigene Erstellung).....	87
Tabelle 28: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Dämmfunktion (Eigene Erstellung).....	88
Tabelle 29: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Habitatschaffung und Biodiversität (Eigene Erstellung)	90
Tabelle 30: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Verdunstung/Verdunstungskälte (Eigene Erstellung)	92
Tabelle 31: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Schadstoffbindung und O ₂ Produktion (Eigene Erstellung).....	94
Tabelle 32: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Rückhalt, Speicherung, Verdunstung von H ₂ O (Eigene Erstellung).....	96
Tabelle 33: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Lärmschutz (Eigene Erstellung). 98	
Tabelle 34: Planungsrichtwerte für den Schallschutz nach ÖNORM S 5021:2010 (Eigene Erstellung).....	99
Tabelle 35: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Soziale Interaktion (Eigene Erstellung).....	100
Tabelle 36: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Erneuerbare Energie (Eigene Erstellung).....	101
Tabelle 37: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Urban Farming bzw. Lebensmittelproduktion (Eigene Erstellung).....	103
Tabelle 38: Bewertung Dachbegrünungssysteme – Subziel Erweiterung des Lebensraums (Eigene Erstellung)	105
Tabelle 39: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Tragfähigkeit (Eigene Erstellung).....	106
Tabelle 40: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Fassadentyp (Eigene Erstellung).....	110
Tabelle 41: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Platzbedarf (Eigene Erstellung).....	112
Tabelle 42: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Materialeinsatz und Materialaufwand (Eigene Erstellung).....	113

Tabelle 43: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Infrastruktur für Pflege und Instandhaltung (Eigene Erstellung).....	116
Tabelle 44: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Pflanzentypen (Eigene Erstellung).....	118
Tabelle 45: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Flächenwirkung (Eigene Erstellung).....	121
Tabelle 46: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Ausführung und Errichtung (Eigene Erstellung)	123
Tabelle 47: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Anwuchspflege (Eigene Erstellung).....	125
Tabelle 48: Vegetationstechnische Pflegemaßnahmen nach FLL-Fassadenbegrünungsrichtlinien 2018, S97-152 (Eigene Erstellung).....	126
Tabelle 49: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Entwicklungspflege (Eigene Erstellung).....	128
Tabelle 50: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Erhaltungspflege (Eigene Erstellung).....	130
Tabelle 51: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Wartung und Instandhaltung technischer Bestandteile (Eigene Erstellung)	132
Tabelle 52: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Schutz der Bausubstanz (Eigene Erstellung)	134
Tabelle 53: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Dämmfunktion (Eigene Erstellung).....	136
Tabelle 54: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Habitatschaffung und Biodiversität (Eigene Erstellung)	139
Tabelle 55: Lebensraumfunktionen von Fassadenbegrünungen am Beispiel Vögel, nach: V. Enzi / U. Pitha, Expert*innen-Gespräch am 20.7.2018 (Eigene Erstellung).....	140
Tabelle 56: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Verdunstung/Verdunstungskälte (Eigene Erstellung).....	142
Tabelle 57: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Positive mikroklimatische Effekte (Eigene Erstellung).....	144
Tabelle 58: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Rückhalt, Speicherung und Verdunstung von H ₂ O (Eigene Erstellung).....	146
Tabelle 59: Bewertung Fassadenbegrünungssysteme – Subziel Lärmschutz (Eigene Erstellung).....	148
Tabelle 60: Gewichtung der Ziel- bzw. Bewertungskriterien für Dachbegrünungssysteme (Eigene Erstellung)	152
Tabelle 61: Gewichtung der Ziel- bzw. Bewertungskriterien für Fassadenbegrünungssysteme (Eigene Erstellung)	154
Tabelle 62: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Intensivbegrünung (Eigene Erstellung).....	157
Tabelle 63: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Reduzierte Intensivbegrünung (Eigene Erstellung)	160

Tabelle 64: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Extensivbegrünung (Eigene Erstellung).....	163
Tabelle 65: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Reduzierte Extensivbegrünung (Eigene Erstellung).....	166
Tabelle 66: Ergebnis der Nutzwertanalyse – Ermittelte Rangordnung der Systemgruppen (Alternativen) zur Dachbegrünung (Eigene Erstellung).....	168
Tabelle 67: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe „Efeu“ (Eigene Erstellung).....	170
Tabelle 68: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe „Veitschii“ (Eigene Erstellung).....	172
Tabelle 69: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Bodengebundene Begrünungen mit starren Kletterhilfen (Eigene Erstellung).....	175
Tabelle 70: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Bodengebundene Begrünungen mit flexiblen Kletterhilfen (Eigene Erstellung).....	177
Tabelle 71: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Troggebundene Begrünung (Eigene Erstellung).....	179
Tabelle 72: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Regalsysteme / Pflanzregale (Eigene Erstellung).....	181
Tabelle 73: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Modulare Systeme (Eigene Erstellung).....	183
Tabelle 74: Teilnutzenmatrix und ermittelte Nutzwerte – Flächige Konstruktion (Eigene Erstellung).....	185
Tabelle 75: Ergebnis der Nutzwertanalyse – Ermittelte Rangordnung der Systemgruppen (Alternativen) zur Fassadenbegrünung bei Sortierung nach Maximalwerten (Eigene Erstellung).....	187
Tabelle 76: Ergebnis der Nutzwertanalyse – Ermittelte Rangordnung der Systemgruppen (Alternativen) zur Fassadenbegrünung bei Sortierung nach Minimalwerten (Eigene Erstellung).....	188
Tabelle 77: Sensitivitätsanalyse für Dachbegrünungssysteme – Gewichtung der Subziele nach Stakeholder*innen (Eigene Erstellung).....	191
Tabelle 78: Sensitivitätsanalyse – Ermittelte Rangordnung der Systemgruppen zur Dachbegrünung für Stakeholder 1 (Eigene Erstellung).....	193
Tabelle 79: Sensitivitätsanalyse – Ermittelte Rangordnung der Systemgruppen zur Dachbegrünung für Stakeholder 2 (Eigene Erstellung).....	194
Tabelle 80: Sensitivitätsanalyse für Fassadenbegrünungssysteme – Gewichtung der Subziele nach Stakeholder (Eigene Erstellung).....	195
Tabelle 81: Sensitivitätsanalyse – Ermittelte Rangordnung der Systemgruppen zur Fassadenbegrünung bei Sortierung nach Maximalwerten für Stakeholder 1 (Eigene Erstellung).....	197
Tabelle 82: Sensitivitätsanalyse – Ermittelte Rangordnung der Systemgruppen zur Fassadenbegrünung bei Sortierung nach Minimalwerten für Stakeholder 1 (Eigene Erstellung).....	198

Tabelle 83: Sensitivitätsanalyse – Ermittelte Rangordnung der Systemgruppen zur Fassadenbegrünung bei Sortierung nach Maximalwerten für Stakeholder 2 (Eigene Erstellung).....	199
Tabelle 84: Sensitivitätsanalyse – Ermittelte Rangordnung der Systemgruppen zur Fassadenbegrünung bei Sortierung nach Minimalwerten für Stakeholder 2 (Eigene Erstellung).....	200
Tabelle 85: Gegenüberstellung der berechneten Rangordnungen aus Nutzwertanalyse und Sensitivitätsanalyse der Dachbegrünungstypen (Eigene Erstellung).....	201
Tabelle 86: Gegenüberstellung der berechneten Rangordnungen aus Nutzwertanalyse und Sensitivitätsanalyse der Fassadenbegrünungstypen (Eigene Erstellung)	203

14 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Arbeitsschritte einer „klassischen“ Kosten-Nutzen-Analyse, nach: Hanusch 2011 (Eigene Erstellung)	18
Abbildung 2: Arbeitsschritte einer Nutzwertanalyse, nach: Hanusch 2011 (Eigene Erstellung)	23
Abbildung 3: Ablauf einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse, nach: Hanusch 2011 (Eigene Erstellung).....	25
Abbildung 4: Vergleich der einzelnen Teilschritte einer Nutzwertanalyse und einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse, nach: Hanusch 2011 (Eigene Erstellung)	26
Abbildung 5: Methodische Vorgangsweise (Eigene Erstellung).....	41
Abbildung 6: Vergleich Nutzwertanalyse und eigene methodische Vorgangsweise (Eigene Erstellung).....	47
Abbildung 7: Gebäude- und umfeldbezogene Zielszenarien von Dachbegrünungssystemen (Eigene Erstellung)	50
Abbildung 8: Gebäude- und umfeldbezogene Zielszenarien von Fassadenbegrünungssystemen (Eigene Erstellung)	52
Abbildung 9: Bewertungsschlüssel für die Beurteilung der unterschiedlichen Systemlösungen nach technischen, ökonomischen und ökologischen / sozialen Faktoren (Eigene Erstellung).....	61
Abbildung 10: Angenommene Erfüllungsgrade analog zum Bewertungsschlüssel in Abb. 9 (Eigene Erstellung)	150
Abbildung 11: Technologie-/Systempalette für Dachbegrünungen, nach: Enzi et al. 2020, S20f (Eigene Erstellung).....	213
Abbildung 12: Technologie-/Systempalette für Fassadenbegrünungen, nach: Enzi et al. 2020, S22f und MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung, ÖkoKaufWien Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume 2019, S76ff (Eigene Erstellung)	213
Abbildung 13: Übersicht der gebäude- und umfeldbezogenen Bewertungskriterien für Dachbegrünungssysteme (Eigene Erstellung)	217
Abbildung 14: Übersicht der gebäude- und umfeldbezogenen Bewertungskriterien für Fassadenbegrünungssysteme (Eigene Erstellung)	218