



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Vergleich extensiver Dachbegrünungen in Neubrandenburg mit Überlegungen zur Biotopanreicherung

Bachelorarbeit

angefertigt an der Hochschule Neubrandenburg

Fachbereich „Landschaftswissenschaften und Geomatik“
Studiengang „Naturschutz und Landnutzungsplanung“

eingereicht von

Marika Victoria Richter

Sarah Köhler

URN: urn:nbn:de:gbv:519-thesis 2018-0096-4

Abgabetermin:

17.08.2018

Erstkorrektur: Prof. Dr. Manfred Köhler

Zweitkorrektur: M. Sc. Daniel Kaiser



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	I
Tabellenverzeichnis	IV
Zusammenfassung	V
Abstract	V
1 Einleitung	1
2 Neubrandenburg als Gründachstandort	2
3 Gründachformen	6
4 Schichtenaufbau	8
4.1 Vegetationstragschicht	11
4.2 Vegetationsschicht	14
5 Methoden	20
5.1 Vorüberlegungen	20
5.2 Datensatz	20
5.3 Kartierung	23
5.4 Karten	24
5.5 Werkzeuge	25
5.6 Software	25
5.7 Methodenkritik	25
6 Auswertung	27
6.1 Datensatz	Tab.
6.2 Parameter	28
6.3 Gründachstandorte	43
6.4 Diskussion	49
7 Ausblick	55
7.1 Urban Farming-Dach	55
7.2 Retentionsdach	57
7.3 Wärmedämmungsdach	58
7.4 Intensivdachlandschaften zur Erholung	61
7.5 Biodiversitätsdach	62
7.6 BIM	67

8 Resümee	69
9 Danksagung	70
10 Literaturverzeichnis	72
10.1 Literaturquellen	72
10.2 Internetquellen	74
10.3 Abbildungsquellen	75
11 Anhang	77
12 Eidesstattliche Erklärung	78

Abbildungsverzeichnis

Abbildung Deckblatt: Dachbegrünung Dietrich-Bonhoeffer-Klinikum Neubrandenburg
(Quelle: eigene Abbildung 02.07.2018)

Abbildung 1: Mecklenburgische Seenplatte in Mecklenburg-Vorpommern (Quelle: GEO-PORTAL.MV 2018)

Abbildung 2: Klimazonen der Erde (Quelle: ECOBINE 2018)

Abbildung 3: Klimadiagramm Neubrandenburg (Quelle: METEOBLUE 2018)

Abbildung 4: Niederschlagshöhe Jahr 2017 (Quelle: DWD 2018)

Abbildung 5: Lufttemperatur Jahr 2017 (Quelle: DWD 2018)

Abbildung 6: Extensives Gründach auf der EVA Neubrandenburg (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Abbildung 7: Intensives Gründach auf Klinik in Berlin (Quelle: FBB 2018)

Abbildung 8: Schichtenaufbau von Gründächern am Beispiel eines Warmdaches auf Stahlbeton-Tragkonstruktion (Quelle: KOLB 2016: 38)

Abbildung 9: Skala für die Einschätzung der Vitalität der Gründachflächen (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Abbildung 10: Diagramm Kartierungsmöglichkeit (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Abbildung 11: Endkarte Nord (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Abbildung 12: Endkarte Ost (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Abbildung 13: Endkarte Süd (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Abbildung 14: Endkarte West (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Abbildung 15: Endkarte Mitte (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Abbildung 16: Diagramm Baujahr Gebäude (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Abbildung 17: Diagramm Baujahr Dach (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Abbildung 18: Diagramm Verhältnis Dachbau – Hausbau (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Abbildung 19: Diagramm Ausrichtung/Lage (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Abbildung 20: Diagramm Dachtyp (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Abbildung 21: Diagramm Anzahl der Pflanzenartenpopulationen 1 (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Abbildung 22: Diagramm Vitalitätswert der Gründachflächen (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Abbildung 23: Diagramm Funktionen der Gründachflächen (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Abbildung 24: Diagramm Anteil der gepflegten Gründachflächen (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Abbildung 25: Diagramm Häufigkeit der Pflege (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Abbildung 26: Diagramm Art der Gründachflächenpflege (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Abbildung 27: Vegetationshöhenverteilung Wohnhaus Carport Architekturbüro (Quelle: eigene Abbildung 18.07.2018)

Abbildung 28: Gewöhnliche Kiefer (Quelle: eigene Abbildung 18.07.2018)

Abbildung 29: Vegetationshöhenverteilung Deutsche Rentenversicherung Nord 2 (Quelle: eigene Abbildung 22.06.2018)

Abbildung 30: Vegetationshöhenverteilung Haus des Sports (Quelle: eigene Abbildung 11.07.2018)

Abbildung 31: Vegetationshöhenverteilung IHK Neubrandenburg 1 (Quelle: eigene Abbildung 28.06.2018)

Abbildung 32: Vegetationshöhenverteilung IHK Neubrandenburg 2 (Quelle: eigene Abbildung 28.06.2018)

Abbildung 33: Vegetationshöhenverteilung OP-Zentrum, Gemeinschaftspraxis Anästhesie 1 (Quelle: eigene Abbildung 10.07.2018)

Abbildung 34: Vegetationshöhenverteilung POCO Einrichtungsmarkt (Quelle: eigene Abbildung 18.06.2018)

Abbildung 35: Niederschlagshöhe Juni/Juli 2018 (Quelle: DWD 2018)

Abbildung 36: Lufttemperatur Juni/Juli 2018 (Quelle: DWD 2018)

Abbildung 37: Urban Farming mit erhöhten und flachen Beeten (Quelle: SCOTT OLSEN
Jahr unbekannt)

Abbildung 38: Elemente für die Steigerung der Biodiversität im Rahmen des Hochschul-
Projektes (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Abbildung 39: Biodiversitätsdach auf dem Besucherzentrum der IGA Berlin 2017 (Quelle:
DDV 2017)

Abbildung 40: California Academy of Sciences in San Francisco (Quelle: INHABITAT 2018)

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Datensatz zu den Dachaufnahmen (von Marika Victoria Richter und Sarah Köhler)

Zusammenfassung

Bislang gab es keine offiziellen Aufzeichnungen zu Neubrandenburgs Dachbegrünungen. Die Gründachflächen der Stadt wurden deswegen im Rahmen dieser Arbeit untersucht. Die Ergebnisse wurden anschließend zu einem Gründachregister zusammengefügt. Aus den gesammelten Daten geht hervor, dass der durchschnittliche Zustand der Gründachflächen schlecht ist. Um den ökologischen Wert der Dachbegrünungen zu steigern, müssen Pflegemaßnahmen regelmäßiger und intensiver durchgeführt werden. Durch den in dieser Arbeit gegebenen Ausblick zeigen sich zudem Möglichkeiten auf, wie die Gründachflächen in ihrer Biodiversitätsfunktion gestärkt werden und herkömmliche Dächer in anderweitiger Funktion, wie Retention oder Wärmedämmung, ausgebaut werden können.

Abstract

The results of this work have been merged into a green roof index in order to provide an overview of the average condition of the green roofs of Neubrandenburg. According to the evaluation of the parameters we examined, the green roof spaces, in general, appear to be in a bad condition. The outlook, therefore, suggests different ways of improving the biodiversity of the green roof spaces and presents their different functions.

1 Einleitung

Laut ANSEL gehört Deutschland zu den Weltmarktführern bei Dachbegrünungen und Gründach-Technologien (ANSEL 2010: S. 45). Die Bundesrepublik etablierte hierzu eigene Richtlinien wie die Dachbegrünungs-Richtlinie der Forschungsgesellschaft Landesentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), der Leitfaden ‚Sicherer Gewerkeübergang‘ des Deutschen Dachgärtner Verbandes (DDV) und die Konstruktionsnormen wie DIN 18531 Dachabdichtungen oder DIN 18195 Bauwerksabdichtung (ANSEL 2010: S. 45). Durch Prof. Dr. Manfred Köhler wurde bereits in Vorlesungen ein möglicher Ausblick für aktuelle Trends und Entwicklungen zu Dachbegrünungen gegeben. Die Bachelorarbeit basiert auf der Vorarbeit des eben Genannten in Form einer Auflistung möglicher Gründachstandorte in Neubrandenburg.

Es besteht ein starkes persönliches Interesse am Thema, da die beiden Bachelorandinnen als Städter selbst betroffen sind und an einer grünen sowie umweltfreundlichen Zukunft interessiert sind. Das durch das Studium erlangte Wissen zu Dachbegrünungen soll vertieft werden. Beide Bachelorandinnen sehen die Thematik Dachbegrünung als essentielles Thema für die Stadt von morgen, gerade im Hinblick auf den Klimawandel und die fortschreitende Urbanisierung.

Zielsetzung der Arbeit ist es, Prof. Dr. Manfred Köhlers Auflistung zu überprüfen und zu ergänzen, sowie einen Überblick über verschiedene Gründachnutzungstypen zu geben. Zudem soll ein Gründachregister mit sämtlichen Gründachflächen der Stadt erstellt werden.

Zuerst wird Neubrandenburg als Gründachstandort vorgestellt. Anschließend werden die einzelnen Gründachformen und der Schichtenaufbau einer Dachbegrünung erläutert, um ins Thema einzuführen. Die bei den Kartierungsarbeiten angewendeten Methoden werden im Detail erklärt. Danach folgen die Ergebnisse in Form des Datensatzes (Tabelle). Sie werden im Anschluss ausgewertet und miteinander in Zusammenhang gesetzt. Die Arbeit schließt mit einem Ausblick zu verschiedenen Gründachnutzungstypen ab. Dieses Kapitel enthält Überlegungen zur Biotopanreicherung der Gründächer im Hinblick auf die Biodiversität.

2 Neubrandenburg als Gründachstandort

Neubrandenburg befindet sich im Südosten des mecklenburg-vorpommerschen Landkreises Mecklenburger Seenplatte der Bundesrepublik Deutschland (siehe Abbildung 1). Die Stadt hat momentan nach offiziellen Angaben 65.175 Einwohner (NORDKURIER 2018) und liegt im geografischen Koordinatensystem der Erde bei 53°33'N und 13°12'O.

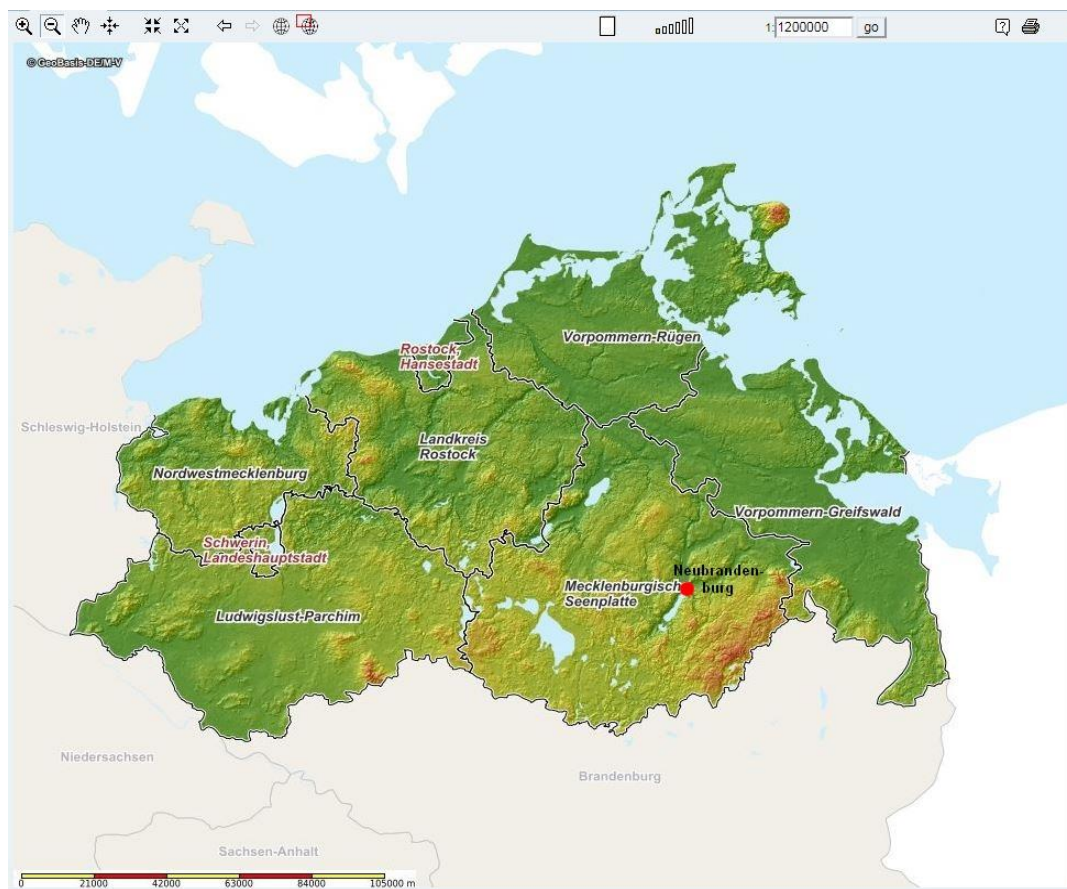


Abbildung 1: Mecklenburgische Seenplatte in Mecklenburg-Vorpommern (Quelle: GEOPORTAL.MV 2018)

Klimatisch ist Neubrandenburg der gemäßigten Zone des Kontinentalklimas zugehörig (siehe Abbildung 2).

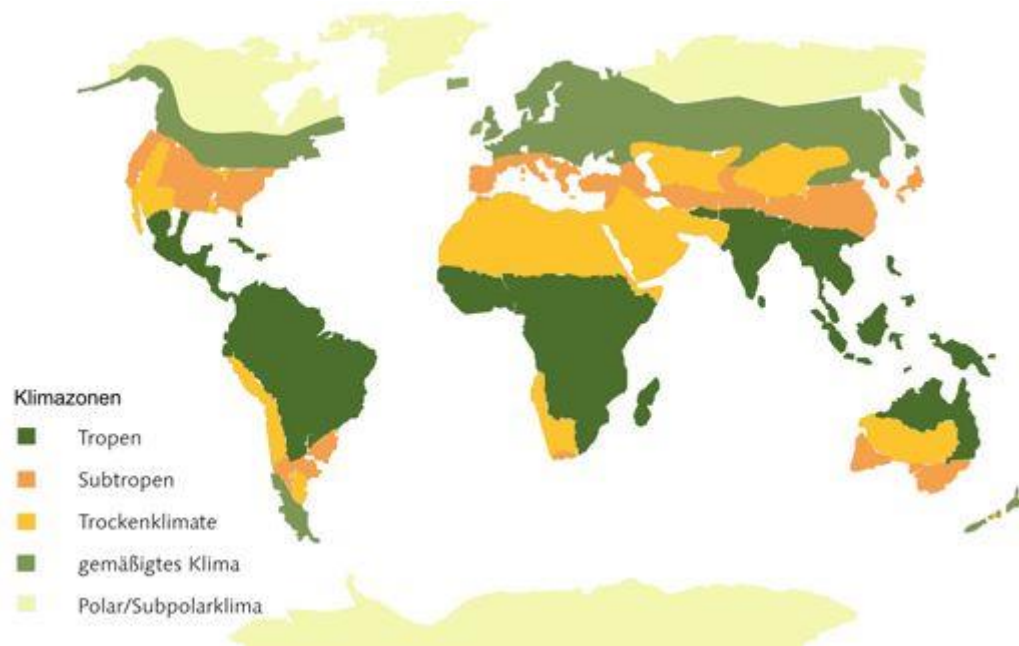


Abbildung 2: Klimazonen der Erde (Quelle: ECOBINE 2018)

Das Klimadiagramm zur Stadt Neubrandenburg zeigt die durchschnittlichen Temperaturen und die Niederschlagsverteilung im Jahr. Mithilfe der Angaben des Diagramms lässt sich eine Jahresniederschlagsmenge von rund 540 mm errechnen. April und Oktober sind mit 35 mm die niederschlagärmsten Monate des Jahres. Der meiste Niederschlag mit 62 mm fällt im Juni (siehe Abbildung 3). Die Daten des Diagramms basieren auf Simulationswetterdaten des Wetterarchivs meteoblue und umfassen Werte der letzten 30 Jahre. Sie werden regelmäßig aktualisiert. Nach eigener Aussage des Archivdienstes sind Simulationswetterdaten den Messdaten von Wetterstationen überlegen. Re-Analyse-Berechnungen ermöglichen genauere Aussagen über das Wetter, zudem werden die Daten für jeden Ort auf der Erde direkt berechnet. Wetterstationen hingegen befinden sich oft mehrere Kilometer von jenen Orten entfernt, über die sie die Wettervorhersagen treffen und sind demnach ungenauer. Im Gegensatz zu den Wetterstationen berücksichtigen die Simulationswerte alle Wettervariablen. Einen weiteren Vorteil sieht meteoblue in der absoluten Vollständigkeit ihrer Daten gegenüber Messdaten, die Fehlstände aufweisen können (persönliche Korrespondenz vom 03.08.18).

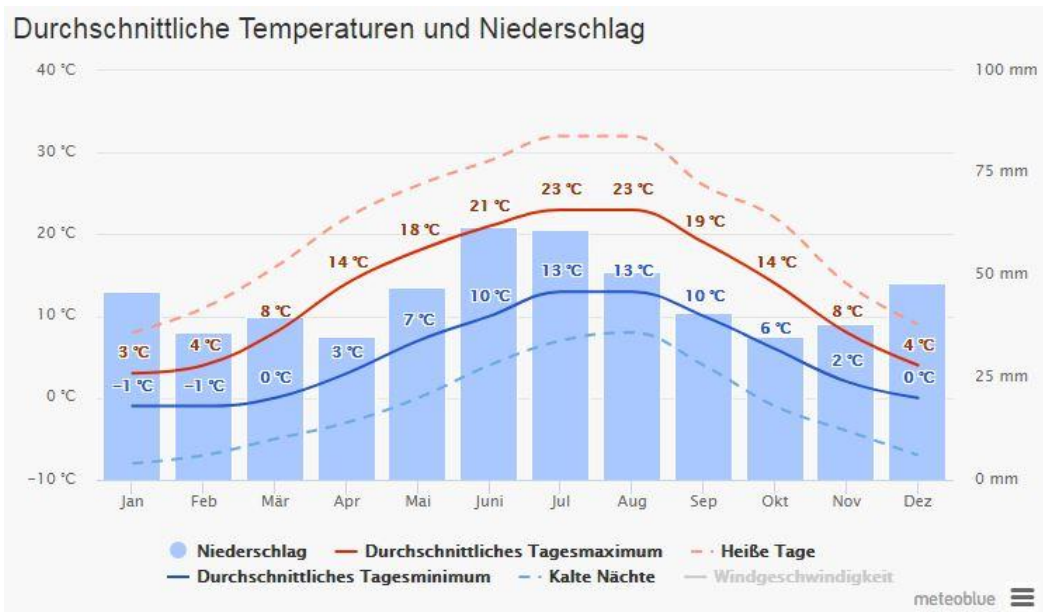


Abbildung 3: Klimadiagramm Neubrandenburg (Quelle: METEOBLUE 2018)

Dem Deutschen Wetterdienst zufolge betrug die Niederschlagsmenge des Jahres 2017 600 mm bis 700 mm (siehe Abbildung 4).

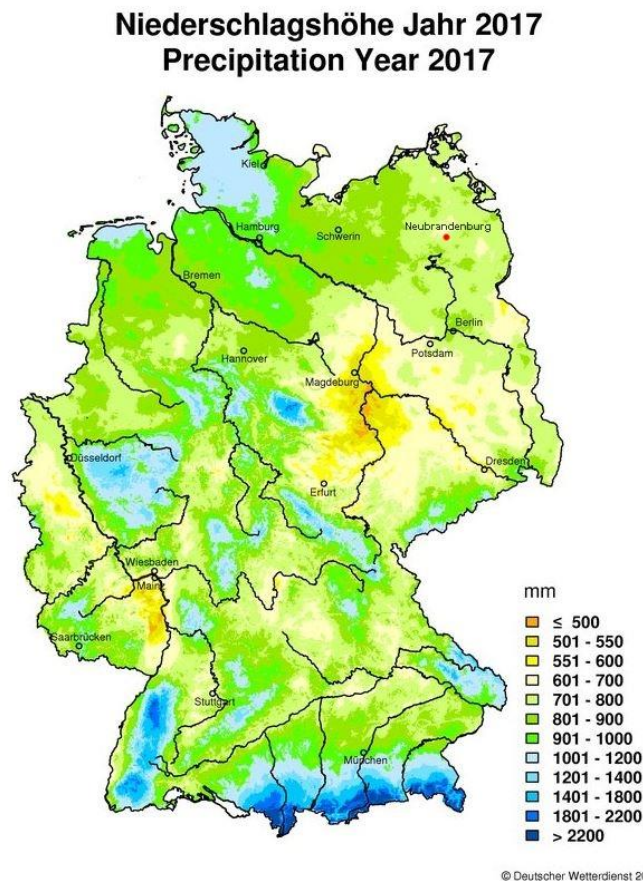


Abbildung 4: Niederschlagshöhe Jahr 2017 (Quelle: DWD 2018)

Das durchschnittliche Temperaturtagesmaximum der letzten 30 Jahre in Neubrandenburg beträgt laut Klimadiagramm 13,25°C (siehe Abbildung 3). Der Deutsche Wetterdienst gibt speziell für das Jahr 2017 eine Durchschnittslufttemperatur von 9,1°C bis 10°C für die Stadt an (siehe Abbildung 5). Grund für die verhältnismäßig geringe Jahrestemperatur sind die überwiegend verregneten Sommermonate des letzten Jahres. Im Vergleich zum Vorjahr 2016 fielen fast 200 mm mehr Niederschlag in Neubrandenburg (DWD 2018). Der kälteste Monat des Jahres ist der Januar mit durchschnittlich 1°C, die wärmsten Monate sind Juli und August mit 18°C.

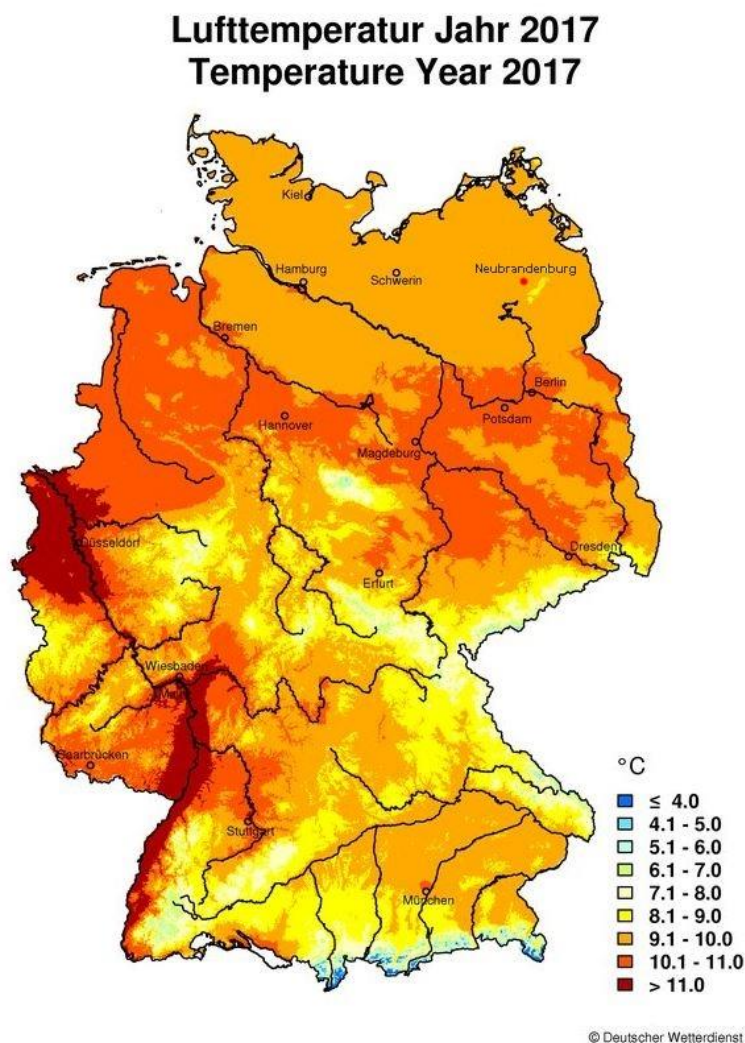


Abbildung 5: Lufttemperatur Jahr 2017 (Quelle: DWD 2018)

Die Anzahl der humiden Monate der letzten 30 Jahre in Neubrandenburg beträgt im Durchschnitt 4,5 Monate (Mitte November bis Ende März). Die ariden Monate belaufen sich auf 7,5 Monate (Anfang April bis Mitte November) (siehe Abbildung 3).

3 Gründachformen

Die Gestaltung von Gründächern wird von verschiedenen Faktoren bestimmt. Verfügbare finanzielle Mittel, der eigentliche Zweck der Gründachfläche sowie die Statik des Gebäudes nehmen entscheidenden Einfluss, ebenso wie die Dachneigung, vorherrschende Klimabedingungen und die Dachhöhe (ANSEL, MEIER 2011: 17, 22). Die Gründachformen richten sich jedoch hauptsächlich nach ihrer Begrünungsart, die die Ausbildung und Nutzung der Dachbegrünung beschreibt (MANN 2012: 55).

Gründächer werden grundsätzlich in drei Formen untergliedert: extensives Gründach, einfach intensives Gründach und intensives Gründach.

Das extensive Gründach (auch Extensivdach genannt) stellt die kostengünstigste Form der Dachbegrünung dar (FLL 2018: 22). Die Firma Optigrün definiert Extensivdächer als einfache, wenig bis gar nicht vom Menschen genutzte Dachbegrünungsform mit sehr geringem Pflegeaufwand (OPTIGRÜN 2018). Ihr Erscheinungsbild ähnelt dadurch oft unberührten, naturnahen Flächen (siehe Abbildung 6). Die Angaben zur Dicke der Sedimentschicht und des Gewichts unterscheiden sich in der Literatur nur geringfügig. In der Regel ist die Sedimentschicht 3 cm bis maximal 15 cm mächtig, die Gewichtsverteilung kann 50 kg/m² bis 170 kg/m² betragen (MANN 2012: 55). Durch die Kombination unterschiedlicher Pflanzengesellschaften können abwechslungsreiche und ökologisch wertvolle Räume geschaffen werden. Aufgrund der oberflächennahen, simplen Vegetation mit verhältnismäßig geringem Eigengewicht eignen sich extensive Gründächer besonders für Gebäude mit kleinem Lastenvolumen (ANSEL et al. 2011: 65).

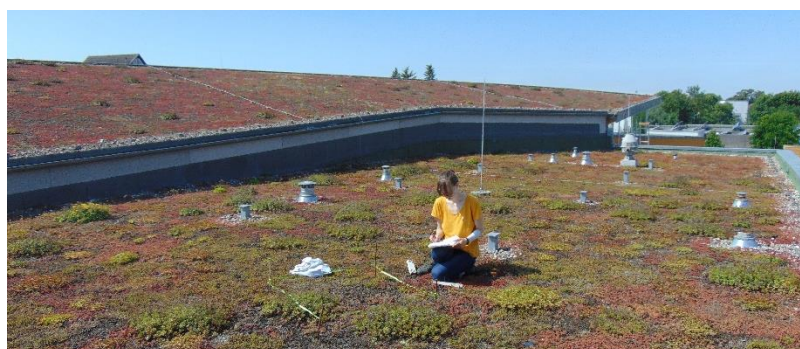


Abbildung 6: Extensives Gründach auf der EVA Neubrandenburg (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Begrünte Dachflächen stellen vor allem in der Stadt einen Ausgleich zu den sonst vollständig versiegelten Flächen dar. Dieser visuelle Effekt wird besonders beim Betrachten aus

höheren Gebäuden deutlich und lockert das Stadtbild auf. Doch nicht nur die rein ästhetische Funktion lässt extensive Gründächer immer attraktiver erscheinen. Sie eignen sich ebenfalls als Kompensationsflächen für Ausgleichsmaßnahmen gemäß der Eingriffsregelung §13 ff. des BNatSchG (MANN 2012: 55; ANSEL, MEIER 2011: 18; ANSEL et al. 2011: 65).

Einfach intensive Gründächer sind oftmals direkt einsehbare Flächen auf Gebäuden und werden für den rein ästhetischen Zweck intensiver gestaltet und sind somit anspruchsvoller in ihrem Aufbau und der Pflege als extensive Gründächer. Der typische Vegetationsaufbau setzt sich überwiegend aus Gräsern, Kräutern und kleineren Gehölzen zusammen (ANSEL, MEIER 2011: 17). Die Sedimentschicht weist in der Regel eine Dicke von 15 cm bis 25 cm auf, doch auch hier sind unterschiedliche Angaben in der Literatur zu finden. Die Kosten fallen aufgrund des geringfügig höheren Pflegeaufwands und der sporadischen Bewässerung höher aus als bei Extensivdächern. Die vielseitiger eingesetzte Vegetation und die erhöhte Substratschicht bringen das durchschnittliche Gewicht auf 150 kg/m² bis 200 kg/m² (ANSEL, MEIER 2011: 17).

Die dritte und gleichzeitig kostspieligste Form ist die intensive Dachbegrünung. Der Gestaltung sind kaum Grenzen gesetzt, selbst größere Gehölze und Rasenflächen können bei einer Substratschicht von bis zu 100 cm gepflanzt werden (MANN 2012: 55). Wie der Name verrät, zeichnen sich diese Dächer durch eine intensive Nutzung aus, beispielsweise als Dachgarten oder frei begehbare Parkanlage. Der Pflegeaufwand ist demnach sehr hoch und mit regelmäßiger Nährstoffversorgung und Bewässerung verbunden. Das Gewicht der Dachkonstruktion kann sich auf bis zu 500 kg/m² belaufen (ANSEL, MEIER 2011: 17). Andere Quellen sprechen sogar von bis zu 1.200 kg/m² (MANN 2012: 55). Bestandsumbildungen der Vegetation sind nicht erwünscht und werden durch regelmäßige Pflegemaßnahmen verhindert. Intensive Dachbegrünungen (siehe Abbildung 7) gelten als zusätzlicher Lebens- und Wohnraum und dienen überwiegend der Erholung.



Abbildung 7: Intensives Gründach auf Klinik in Berlin (Quelle: FBB 2018)

4 Schichtenaufbau



Abbildung 8: Schichtenaufbau von Gründächern am Beispiel eines Warmdaches auf Stahlbeton-Tragkonstruktion (Quelle: KOLB 2016: 38)

Obwohl sich Gründächer in ihrem Aussehen und ihrer Nutzung unterscheiden können, ist ihr Grundaufbau gleich. Wenn Abdichtung, Filter, Dämmung, Drainagen, Wurzelschutz, Substratschicht und Vegetationsschicht nicht ordnungsgemäß angelegt werden oder vollständig fehlen, kann das Gründach in seiner Funktion scheitern. Eine durchdachte Planung und gute Organisation des Aufbaus sind essentielle Mittel, um das optimale Funktionieren des Gründachs zu gewährleisten (SNODGRASS, SNODGRASS 2006: 33 f.). Zuerst gilt es zu verstehen, wie und warum ein Gründach aufgebaut ist, wie in der Abbildung 8 dargestellt. Dabei werden in diesem Kapitel die Schichten Nummer 5 bis 7 näher erläutert. Zur Wärmedämmung (Nummer 3 in der Abbildung 8), Vegetationstragschicht beziehungsweise Substratschicht (Nummer 8 in der Abbildung 8) und Vegetation (Nummer 9 in der Abbildung 8) gibt es in dieser Bachelorthesis eigenständige und ausführliche Kapitel. Auf die restlichen Schichten (Nummer 1, 2 und 4 in der Abbildung 8) wird nicht eingegangen, weil diese objektspezifisch unterschiedlich sein können und je nach Konstruktion des Daches nicht immer notwendig sind.

Abdichtung

Bevor eine Dachbegrünung auf einem Dach aufgebracht wird, muss es sorgfältig abgedichtet sein (ANSEL, MEIER 2011: 21). Im Normalfall werden für eine Dachabdichtung bei flach geneigten Dächern und Flachdächern Polymer-Bitumen-, Kunststoff- und Elastomerbahnen benutzt (KOLB 2016: 33). Die Vegetation bewahrt die Dachabdichtung zwar vor Schäden mechanischer Art, sowie vor Temperaturstress, aber Leckagen und Risse in der Dachkonstruktion kann sie nicht reparieren. Am Anfang ist es demnach notwendig die Abdichtung des Daches auf Zustand und etwaige Schäden zu überprüfen. Für den Fall, dass die Abdichtung (siehe Abbildung 8 Nummer 5) bereits zu alt und marode ist, sollte eine weitere Abdichtungslage auf das Dach aufgebracht werden. Ein Gründach kann eine Lebensdauer von über 40 Jahre erreichen, deshalb sollte die Dachabdichtung absolut intakt sein. Bei Dachbegrünungen ist eine wurzelfeste Abdichtung für den Schutz des Dachaufbaus unbedingt vonnöten, da die Wurzeln der Pflanzen in Fugen und kleinste Risse vordringen und somit Asphalt und Mauern beschädigen können (ANSEL, MEIER 2011: 22; KOLB 2016: 33). Unter Umständen muss dies bei Neubauten nicht beachtet werden, weil viele dieser Gebäude schon eine wurzelfeste Dachabdichtung besitzen. Bei alten Gebäuden müssen bei Bedarf spezielle Wurzelschutzfolien ausgelegt werden, um einen ausreichenden Schutz garantieren zu können (ANSEL, MEIER 2011: 21f.). Dabei muss darauf geachtet werden, dass sich die Materialien untereinander vertragen, ansonsten bedarf es einer Trennlage. Bestehen können diese Lagen beispielsweise aus PE-Folie oder Kunststoffvlies (KOLB 2016: 33).

Schutzlage

Es ist äußerst wichtig, dass die Wurzelschutzbahnen beziehungsweise die Abdichtungen vor UV-Strahlung bewahrt werden. Außerdem muss damit gerechnet werden, dass während der Installation Belastungen der Dachabdichtung auftreten. Aus diesen Gründen gibt es sogenannte Schutzlagen (siehe Abbildung 8 Nummer 5), die entsprechend reißfest und widerstandsfähig gegen Durchdrücken sind (KOLB 2016: 38). Sie bietet Schutz vor Beanspruchungen thermischer, dynamischer und statischer Art (LIESECKE et al. 1989: 57). Weiterhin können sie temporär Wasser speichern und bestehen zum Beispiel aus Geotextilien oder Gummistoffen (KOLB 2016: 38f.). Die Schutzlage kann neben Wasser auch Nährstoffe speichern, was aber auf das Material und die Dicke der Lage ankommt (ANSEL, MEIER 2011: 34).

Dränschicht

Diese Schicht erfüllt viele Funktionen, die für eine Dachbegrünung maßgeblich sind. Je nachdem aus welchem Material sie besteht, kann die Dränschicht (siehe Abbildung 8 Nummer 6) die Abdichtung des Daches effizient schützen und damit die Aufgabe der Schutzlage übernehmen. Sollte die Dränschicht jedoch aus scharfkantigen Stoffen bestehen, ist eine Schutzlage unerlässlich. Weiterhin verteilt die Schicht die auf ihr liegende Last regelmäßig und ist für den Abtransport des anfallenden Niederschlagswassers verantwortlich, um die Dachabdichtung zu schützen. Dadurch wird ein Wasserrückstau vermieden, der ansonsten den Pflanzen schadet. Zusätzlich kann die Dränschicht die Funktion der Wasserbevorratung übernehmen, die Wasserversorgung der Vegetation verbessern und als Wurzelraum genutzt werden (KOLB 2016: 40). Möglich ist die Aufnahme von überschüssigen Wasser durch das Hohlraumvolumen des für diese Schicht verwendeten Stoffes (LIESECKE et al. 1989: 57). Weiterhin unterstützt die Dränschicht die Vegetationstragschicht bei der Wasserführung.

Die Schicht kann in Form von Dränmatten und Dränschüttungen (ANSEL, MEIER 2011: 34) aus natürlichen mineralischen Materialien wie beispielweise Kies und Sand (KOLB 2016: 40), synthetischen mineralischen Schüttstoffen wie zum Beispiel Ziegelsplitt oder Kunststoffen wie Schaumstoffmatten (ebd. 2016: 42f.) bestehen. Es werden vor allem profilierte Kunststoffelemente verwendet, die Vertiefungen zur Wasserspeicherung besitzen und den Wurzelraum ausreichend belüften. Dabei sorgt das Kanalsystem auf der Unterseite für die „zuverlässige Abführung des Überschusswassers“ (ANSEL, MEIER 2011: 34).

Filterschicht

Die Filterschicht (siehe Abbildung 8 Nummer 7) trennt die Dränschicht vom Pflanzen-Bodensystem (ANSEL, MEIER 2011: 33) und hat folgende Funktion: die Zurückhaltung von feinkörnigem Substrat aus der Vegetationstragschicht, damit sich das Schlämmkorn nicht in der Dränschicht oder Entwässerungseinrichtung festsetzt (KOLB 2016: 45). Durch die Filterschicht werden „wertvolle Feinteile, Huminstoffe und organische Pflanzenreste“ (ANSEL, MEIER 2011: 33) zurückgehalten und können auf diese Weise weiterhin im Nährstoffkreislauf verbleiben (ANSEL, MEIER 2011: 33). Für den Fall, dass die Materialien der Substratschicht und Dränschicht durch große Unterschiede bei der Korngrößenverteilung nicht miteinander filterstabil sind, wird eine Filterschicht benötigt. Ohne diese Schicht würde die sogenannte Kornwanderung eintreten, wodurch die Leistungsfähigkeit der Dränschicht und die Qualität der Substratschicht abnehmen würde (KOLB 2016: 45). Unter diesen Voraussetzungen würde speziell die Wasserdurchlässigkeit der Schicht leiden (LIESECKE et al.

1989: 57). Allerdings kann die Filterschicht weggelassen werden, falls die Vegetationstragschicht eine ausreichende Dränfähigkeit und Kornstabilität aufweist. Unter gewissen Umständen kann die Dränschicht die Aufgabe der Substratschicht übernehmen. Dies würde eine Abweichung vom normalen Schichtenaufbau bedeuten. Für eine Filterschicht sind Filtervliese, gefertigt aus Polypropylenfasern, bestens geeignet (KOLB 2016: 45).

4.1 Vegetationstragschicht

In diesem Abschnitt soll es um die Substratschicht (siehe Abbildung 8 Nummer 8) gehen, welche die Grundlage einer jeden Dachbegrünung darstellt (ANSEL, MEIER 2011: 33). Die Vegetationstragschicht ist Nährmedium und Basis für die Entwicklung der Pflanzen. Als einzige physische Unterstützung macht sie Wasser und Nährstoffe für die Vegetation verfügbar (PÉREZ, COMA 2018: 70). Das gewählte Substrat spielt für die Nachhaltigkeit des Gründachs neben der Pflanzenwahl eine entscheidende Rolle, denn die Herstellungskosten und die langjährigen Folgekosten werden von der Auswahl des Substrates vorgegeben. Bei einer falschen Entscheidung muss mit Sanierungskosten in den darauffolgenden Jahren gerechnet werden. Verbesserungen der Schicht im Nachhinein können erfolglos sein und sind übermäßig teuer (ROTH-KLEYER 2002: 74). Die Substratschicht hat demnach bei der Planung der Dachbegrünung einen hohen Stellenwert. Vor dem Bauvorhaben müssen die objektspezifischen Erfordernisse geklärt und das passgenaue Substrat bestimmt werden (ROTH-KLEYER 2002: 74). Schaumstoffe, Oberböden und Schüttstoffgemische werden zumeist bei der Herstellung von Substraten verwendet (KOLB 2016: 49).

Substratstoffe

Für die Substratschicht werden als Basis beispielsweise mineralische Stoffe aus der Wiederverwendung von Baustoffen oder Nebenprodukten, wie Splitte aus recycelten Dach- und Mauerziegeln, genommen. Bei der entsprechenden Aufbereitung dieser Materialien entstehen günstige Eigenschaften für die Vegetation des Daches. Außerdem können als mineralische Komponenten für die Vegetationstragschicht Lava, Bims, Blähschiefer und Blähtone eingesetzt werden. Dahingehend werden meist organische Stoffe wie Rindenhumus, Kokos- und Holzfasern, Torf und Komposte hinzugegeben (ROTH-KLEYER 2002: 74). Wobei organisches Material mit der Zeit anfängt zu oxidieren, was zur Schrumpfung des Substrates führt. Trotzdem ist es wertvoll bei der Wasserrückhaltung und Nährstoffverfügbarkeit

und sollte dahingehend in kleinen Mengen verwendet werden (DUNNETT, KINGSBURY 2004: 72).

Ton besitzt ein gutes Wasserspeichervermögen und stellt eine Oberfläche zur Verfügung, über welche die Nährstoffe angezogen und in der Erde gebunden werden. Allerdings neigt dieses Material dazu die Dränschicht und den Materialaufbau zu verstopfen. Dennoch sollten Lehm oder Ton zu einem geringen Anteil in Substraten für Dachbegrünungen enthalten sein (DUNNETT, KINGSBURY 2004: 72). Die meisten Gründachsubstrate basieren auf anorganischen, mineralischen Bestandteilen, die eine gewisse Wasserspeicherkapazität besitzen und die Funktionen von organischem Material in normaler Erde nachahmen. Künstliche Böden können somit den natürlichen Böden oft überlegen sein in Bezug auf das Pflanzenwachstum. Doch dies stimmt nur unter der Voraussetzung, dass der künstliche Boden zu der Vegetation passt. Zur Verdeutlichung: Sand und Lava sind Beispiele für natürliche, mineralische Materialien. Vermiculit (Wurmstein) und Perlit (Perlstein) gehören zu den künstlich hergestellten Stoffen. Natürliche Materialien können eine gute und nachhaltige Wahl sein, wenn sie örtlich verfügbar sind. Aus ökologischer Sicht stehen künstliche, anorganische Materialien in der Kritik, weil für ihre Herstellung große Energiemengen benötigt werden. In den meisten Fällen wird ein Materialmix genutzt, der manchmal sogar einen kleinen Anteil organisches Material für die benötigten Nährstoffe und die Feuchtigkeitsspeicherung beinhaltet. Im Übrigen kann eine Unterteilung der Substratschicht in mehrere Unterschichten von Vorteil sein, um den natürlichen Boden zu imitieren. Aufgebrachte Jute-Netze können die Substratoberfläche vor Erosion schützen und das Substrat bei Schrägdächern stabilisieren (DUNNETT, KINGSBURY 2004: 72-76).

Substrateigenschaften

In Bezug auf die Substratschicht sind Kriterien wie zum Beispiel Nährstoffgehalte, pH-Wert und Korngröße von Wichtigkeit. Die Vegetationstragschicht und die Dränschicht sind zusammen für die Abführung des überschüssigen Wassers und die Wasserversorgung der Pflanzen auf dem Dach zuständig. Aufgrund dessen sollte das verwendete Substrat witterungs- und strukturstabil sein (ANSEL, MEIER 2011: 33). Ein gutes Substrat stellt sicher, dass sich die Wurzeln und Pflanzenorgane problemlos entfalten können. Zudem muss es in der Lage sein, auch bei der höchsten Wassersättigung noch Luft für die Pflanzen zur Verfügung stellen zu können (PÉREZ, COMA 2018: 70).

Das Gewicht, welches auf die Dachkonstruktion einwirkt, sollte möglichst gering gehalten werden. Aus diesem Grund sollte gerade das gewählte Substrat wenig wiegen. Bodenhumus und herkömmliche Gartenerde eignen sich daher nicht für intensive Dachbegrünungen

(DUNNETT, KINGSBURY 2004: 72). Oberböden und Humuserden finden einzig und allein als Beimischung Verwendung, da sie neben dem hohen Gewicht überdies auch ungünstige Dräneigenschaften aufweisen. „Leichte mineralische Schüttstoffe mit hoher Wasserspeicherkapazität“ (ANSEL, MEIER 2011: 33) und Dräneigenschaften haben sich bewährt (ANSEL, MEIER 2011: 33). Der Anteil an reinem Substrat beträgt bei dem durch deutsche Studien ermittelten optimalem Wachstumsmedium 30% bis 40%, was demnach auf ein Porenvolumen von 60% bis 70% schließen lässt. Dies garantiert, dass die Pflanzenwurzeln ideal durchlüftet werden und die Feuchtigkeit vom Substrat bestmöglich gespeichert wird. Ein hoher Nährstoffgehalt im Substrat ist nicht von Vorteil, da ein üppiges Pflanzenwachstum anfälliger ist für Umwelteinflüsse wie extreme Kälte oder Dürre. Demzufolge ist ein niedriger bis mittlerer Nährstoffgehalt des Substrates anzuraten, weil sich dadurch die Vegetation mannigfaltiger entwickelt und die Verbreitung sehr dominanter Arten verhindert wird (DUNNETT, KINGSBURY 2004: 72). Es sollte in Hinblick auf die geplante Vegetation des Daches auch darauf geachtet werden, dass das Substrat nicht mit Unkrautsamen und Rhizomen verunreinigt ist (ANSEL, MEIER 2011: 37). Für eine gute Wasserdurchlässigkeit und Dränfunktion bei mineralischen Bestandteilen sollte das Schlämmkorn kleiner als 0,06 mm sein (KOLB 2016: 49). Zusammengefasst hat ein optimales Substrat folgende gewünschte Eigenschaften: eine hohe Stabilität, die Unterstützung einer großen Bandbreite von Pflanzenarten, ein minimaler organischer Anteil, eine niedrige Bodendichte, eine hohe Wasserspeicherfähigkeit, ein hoher luftgefüllter Porenanteil, eine hohe hydraulische Leitfähigkeit, eine hohe Absorptionsfähigkeit und eine geringe Versickerung des überschüssigen Wassers (PÉREZ, COMA 2018: 70).

Substrathöhen

Die Höhe des Substrats hängt maßgeblich von der Pflanzenwahl ab. Sollte eine extensive Dachbegrünung geplant sein, darf eine Substrathöhe von 10 cm unter Umständen nicht überschritten werden. Dies könnte problematisch bezüglich der Dachbelastung sein (DUNNETT, KINGSBURY 2004: 75). Doch selbst bei einer geringen Mächtigkeit der Vegetationstragschicht muss diese eine ausreichende Wurzelverankerung und eine zuverlässige Versorgung mit den benötigten Nährstoffen und Wasser garantieren (ANSEL, MEIER 2011: 33). Die Heterogenität der Substrathöhe ist der Schlüsselfaktor für die Nachahmung eines natürlichen Bodens. Es ist möglich auf dem Gründach Areale mit niedrigen Substrathöhen (Senken) zu schaffen, die in Kontrast zu Arealen stehen, wo Substrat bewusst angehäuft wurde. Dadurch entsteht, nebst Heterogenität, eine naturnahe Abtragung des Substrates. Die Hügel sind anfällig für Wind und Sonne und schaffen trockene Standorte. Regenwasser fließt von den Hügeln in die Senken und schafft feuchtere Stellen auf dem Dach. Diese

Diversität der Dachlandschaft schafft einen Lebensraum für eine vielfältigere Flora und Fauna (PÉREZ, COMA 2018: 71). Der Einsatz von unterschiedlichen Substraten, der Gebrauch von Pflanzensamen der standorttypischen Vegetation und die eben genannte Variation der Substrathöhen (Schaffung von Mikrohabitaten) erhöhen und unterstützen die Biodiversität der Dachbegrünung (KÖHLER, KSIAZEK-MIKENAS 2018: 246).

4.2 Vegetationsschicht

Extensivdächer als Dachbegrünungsform sind natürliche Pflanzbestände und unterliegen somit den jahreszeitlichen Blüh- und Wachstumsdynamiken (ANSEL, MEIER 2011: 23). Durch ihre erhöhte Position sind sie extremeren Standortbedingungen ausgesetzt als die Bodenvegetation. Dazu zählen unter anderem starke Sonneneinstrahlung, das regionale und lokale Klima, ein hohes Windaufkommen, Frost und Schneebedeckung, Niederschlag in seiner jahreszeitlichen Verteilung, eine mögliche Nährstoffarmut und ein eingeschränkter Wurzelraum. Die verwendete Vegetation muss diesen Bedingungen standhalten können und eine hohe Regenerationsfähigkeit besitzen (FLL 2018: 22, 24). Geeignet sind somit Pflanzengesellschaften von Trocken-, Halbtrocken- und Magerrasen, Felsspalten oder anderen sehr sonnigen, trockenen und humusarmen Standorten.

Pflanzen auf extensiven Gründächern (siehe Abbildung 8 Nummer 9) müssen vielseitig angepasst sein. Die wichtigsten Eigenschaften sind Hitze- und Trockenbeständigkeit, eine relativ niedrige Wuchshöhe um Windschäden zu vermeiden und nicht von nistenden Vögeln zerstört zu werden (ALMUSAED 2011: 196), die Fähigkeit Lücken in der Vegetationsdecke durch Selbstaussaat schnell und selbstständig zu schließen, die Aufnahme hoher Wassermengen sowie eine entsprechend hohe Transpirationsleistung (DUNNETT, KINGSBURY 2004: 82). Um diese Voraussetzungen zu erfüllen, sollte darauf geachtet werden, dass die Pflanzen eine möglichst große Blattoberfläche aufweisen, und das Blattwerk selbst möglichst hell ist. Helle Blätter sind ein Indikator für Blatthaare oder Wachsblätter. Beides Werkzeuge, die die Sonnenstrahlung reflektieren, um so der Hitzebildung auf dem Dach entgegen zu wirken. Außerdem filtern sie Schmutzpartikel aus der Luft (SNODGRASS, SNODGRASS 2006: 225). Zudem beugen Wachsblätter übermäßigem Wasserverlust vor. Eine Art, die all diese Eigenschaften aufweist, gibt es nicht. Daher ist es ratsam auf eine artenreiche Auswahl bei der Begrünung zu achten. Um visuelle Abwechslung und genügend Biodiversität in den Bestand einzubringen, sollten reine Monokulturen vermieden werden. Sie sind anfälliger für Krankheiten und Schädlinge und minimieren das Lebensraumangebot für eine artenreiche

Fauna (ANSEL, MEIER 2011: 23). Die FLL empfiehlt heimische Vegetation aus dem mitteleuropäischen Florenraum zu verwenden, da diese am besten an standortbedingte Umwelteinflüsse und das Klima angepasst ist (FLL 2018: 22). Zudem ist die heimische Fauna mit ihr vertraut und kann sich leichter ansiedeln. Auch die Gefahr, dass heimische Pflanzenarten invasiv werden, ist geringer (DOVER 2015: 208).

Weitere Faktoren, die bei der Vegetationsauswahl eine Rolle spielen, sind unter anderem das Aussehen der Pflanzen für den visuellen Aspekt (DUNNETT, KINGSBURY 2004: 81), der vorhandene Platz auf dem Dach, die lokale Flora, die Bewässerung, der Kostenaufwand, die Gebäudeausrichtung, die Klimazone und die Gebäudestatik (SNODGRASS, SNODGRASS 2006: 47). Um eine stabile Zahl der Pflanzenarten zu sichern, ist der Fremddiasporenanteil wichtig. Der Fremddiasporenanteil ist der Anteil fremder Samen in der Aussaat. Das Artenangebot wird dadurch in den ersten Jahren übermäßig gesteigert, bevor es sich in den Folgejahren verringert und schließlich stabilisiert. Diese Fremdsamen sind oftmals Kräuter, die die Vegetationsdecke rasch schließen und später von der eigentlichen, langsamer wachsenden Zielvegetation verdrängt werden (KÖHLER 2002: 35).

Damit das künstliche Biotop seine ökologischen Funktionen erfüllen kann, ist neben der richtigen Pflanzenauswahl auch die flächendeckende Ausbringung der Vegetation wichtig. Bodendecker sind hierfür die beste Wahl. Sie verbreiten sich schnell, schließen die restlichen Lücken im Vegetationsbestand und sind meist günstig in der Anschaffung. Da reine Bodendecker oft nur einen grünen Teppich bilden und für das Auge sonst recht langweilig wirken können, empfehlen Snodgrass und Snodgrass den punktuellen Einsatz von Akzentpflanzen (SNODGRASS, SNODGRASS 2006: 61). Diese sind zwar farbenfroh, ihre Lebensdauer unterschreitet jedoch oft die der restlichen Vegetation, so dass sie in periodischen Abständen neu ausgesät werden müssen.

Eine Veränderung im Vegetationsbestand ist mit fortschreitender Lebensdauer des Gründachs nicht auszuschließen. Hauptsächlich geschieht dies durch das Ansiedeln von Fremdvegetation auf dem Dach durch das Einschleppen von Samen durch Vögel und Wind.

Betrachtet man die Vegetationslisten in der Fachliteratur, wird deutlich, dass die Vegetation wie bei Snodgrass und Snodgrass häufig in drei Kategorien unterteilt wird: einjährige Pflanzen (engl. ‚annuals‘), zweijährige Pflanzen (engl. ‚biennials‘) und die ausdauernden Pflanzen (engl. ‚perennials‘) (SNODGRASS, SNODGRASS 2006: 50). Mit dieser Übersicht wird ein erster grober Eindruck zur anpflanzbaren Vegetation vermittelt.

Einjährige Pflanzen wachsen, blühen, samen und sterben innerhalb einer einzigen Vegetationsperiode. Sie sind aufgrund ihrer farbenfrohen Blüten als Akzentpflanzen beliebt, für

extensive Gründächer durch ihr kurzes Leben und den damit verbundenen höheren Pflegeaufwand allerdings eher ungeeignet. Zudem benötigen sie eine regelmäßige Wasserversorgung von mindestens 7,5 cm Niederschlag pro Monat, die auf einem Extensivdach üblicherweise nicht gegeben ist (SNODGRASS, SNODGRASS 2006: 50).

Die zweijährigen Pflanzen wachsen in der ersten Wachstumsperiode heran, und blühen, samen und sterben in der zweiten Periode. Da sie jahreszeitlich bedingte Lücken im Vegetationsbestand hervorrufen können (SNODGRASS, SNODGRASS 2006: 50), sind auch sie eher ungeeignet für extensive Gründachflächen.

Die meiste Verwendung finden die ausdauernden Pflanzen, die innerhalb einer Vegetationsperiode heranwachsen, blühen und samen, nach dem Blühen jedoch nicht absterben. Doch auch hier sollte mit Bedacht gewählt werden, da sie sich rasch in ihrer Biomasse vermehren können und eine zusätzliche Gewichtsbelastung für die Gebäudestatik darstellen (SNODGRASS, SNODGRASS 2006: 52). Laut den Autoren ist eine Gewichtszunahme von 2 lb/m² bis 5 lb/m² möglich, das entspricht bei heutigen Umrechnungsstandards einer Masse von rund 0,9 kg/m² bis 2,3 kg/m². Ein weiteres Problem zeigt sich darin, dass ausdauernde Pflanzen ein ideales Biotop für Unkräuter sind, die andere Arten vertreiben und den Pflegeaufwand intensivieren können. Hinzu kommt, dass nicht alle ausdauernden Pflanzen wintergrün sind. Wird also Wert auf ein ganzjährig grünes Dach gelegt, muss dieser Aspekt bei der Planung berücksichtigt werden (SNODGRASS, SNODGRASS 2006: 52).

In der Literatur wird die Pflanzenauswahl meist noch konkretisiert und auf Arten von niedrigwüchsigen Sukkulente, Kräutern, Gräsern und Moosen zusammengefasst. Bei einer Substratstärke von 7 cm bis 10 cm dominieren die Sedum-Arten. Ist die Substratschicht dünner, dominieren überwiegend Moose. Überschreitet die Substratschicht eine Dicke von 15 cm, ist damit zu rechnen, dass Gräser und Weidengräser das Vegetationsbild bestimmen (KÖHLER 2002: 34).

Sukkulente

Obwohl in Bezug auf Gründächer oft der Begriff Sukkulente verwendet wird, werden damit überwiegend die verschiedenen Sedum-Arten gemeint, die bei extensiven Gründächern den Hauptbestandteil der Vegetation bilden. Sie gelten als widerstandsfähig und anspruchslos in Pflege und dem, was sie zum Überleben benötigen. Ihre Wasserspeicherfähigkeit aufgrund der sukkulententypischen Blätter macht sie besonders für heiße und trockene Dachstandorte geeignet (SNODGRASS, SNODGRASS 2006: 53).

Ein großer Vorteil besteht bei Sedum-Arten vor allem in ihrer Langlebigkeit, ihrer Widerstandsfähigkeit, der Fähigkeit sich neu zu verwurzeln und sich selbst zu erhalten sowie ihrer Artenvielfalt. Den Großteil seiner Energie verwendet das Sedum auf das Ausbringen seiner Samen, um so seinen Fortbestand zu gewährleisten. Zudem trumpft Sedum mit einer Vielzahl an unterschiedlichen Texturen, Blüten- und Blattfarben auf. Die Blattfarben können sich je nach Art jahreszeitlich ändern. Sedum gilt als nicht invasiv und ist bei vielen Insekten- und Vogelarten beliebt (SNODGRASS, SNODGRASS 2006: 56).

Kräuter

Kräuter sind nicht ungewöhnlich für extensive Gründächer, da sie recht anspruchslos sind. Die häufigsten Vertreter sind *Thymus*, *Allium*, *Origanum* und *Salvia*-Arten (SNODGRASS, SNODGRASS 2006: 58).

Gräser

Gräser wirken auf dem Dach oft unscheinbar im Vergleich zu den farbenreichen wintergrünen Sedum-Arten, den andauernden Pflanzen oder den einjährigen Pflanzen. Doch bieten sie sehr bewegungs- und strukturreiche Ergänzungen zu Dachbegrünungen, die sie zu beliebten Habitaten für Insekten und Vögel macht. Durch ihren höheren Wuchs und die tieferen Wurzeln bilden sie mehr Biomasse als Sedum. Befinden sich Gräser in der Winterruhe, stellen sie zudem einen möglichen Brandherd dar (SNODGRASS, SNODGRASS 2006: 58). Um den Pflegeaufwand zu minimieren, sollten niedrigwüchsige Gräser für extensive Gründächer gewählt werden. Ein Zurückschneiden kann dennoch nötig werden.

Moose

Durch ihr geringes Lastenvolumen eignen sich Moose hervorragend als Lückenfüller auf sowohl flachen als auch geneigten Extensivdächern. Durch die Umwelteinflüsse und die hohe Wahrscheinlichkeit von längeren Trockenperioden, ist es für Moose schwer sich flächendeckend auf Gründächern zu verbreiten. Es kann zu Rissbildungen in den Moosteppichen kommen, die den Erosionsprozessen das Abtragen der Moose leichter machen. Um das zu verhindern, ist es ratsam, Moose auf Moosvegetationsmatten mit Speichervlies als Trägermedium auszubringen. Diese Matten erleichtern das Anwachsen und helfen zusätzliches Wasser im Vlies zu speichern um die Moose vor der Austrocknung zu schützen. Das

Vlies ist mit einer Polyamid-Krallmatte vernäht, die das Moos schützt. Treten lange Trockenperioden auf, kann das Moos eine bräunliche Farbe annehmen, die viele als unästhetisch empfinden. Jedoch erholen sich die Pflanzen bei Flüssigkeitszufuhr rasch wieder (KOLB 2016: 94).

Die genauen Moosarten wurden während der Dachaufnahmen nicht bestimmt.

Geophyten

Zusätzlich zu Sukkulenten, Kräutern, Gräsern und Moosen werden in der Literatur auch Geophyten als eigene Kategorie bei der Dachbegrünung angeführt. Im Gegensatz zu den einjährigen Pflanzen, die nach ihrer Vegetationsperiode absterben und als Embryonen im Boden überwintern, gehören Geophyten zu jenen Pflanzen, die Überdauerungsorgane in Form von Rhizomen, Knollen und Zwiebeln ausbilden. Zu den Geophyten zählen vor allem die ausdauernden Pflanzen (DOVER 2015: 186). Durch ihre Überdauerungsorgane sind sie an extreme Umwelteinflüsse angepasst und daher für extensive Gründächer geeignet.

Ausbringungsvarianten

Pflanzen können auf unterschiedliche Weise ausgebracht werden. Die bekanntesten Formen sind das Ansäen mit Saatgut, das direkte Anpflanzen von Flachballenpflanzen, das Ausbringen von Sprossenmaterial (vor allem bei Sedum) und das Auslegen von vorkultierten Vegetationsmatten. Bei der Selbstaussaat per Hand können im Handel Mischungen erworben werden, die mit Bindemitteln versehen sind, die den Windabtrag der Samen verhindern. Zusätzlich gibt es Mischungen, die den Mykorrhizapilz enthalten. Dieser Pilz geht mit den Pflanzen eine symbiotische Beziehung ein und setzt sich in deren Wurzeln fest. Der Pilz entzieht den Pflanzen das Photosyntheseprodukt Glukose und verbessert im Gegenzug ihre Aufnahmefähigkeit von Wasser und mineralischen Nährstoffen. Die gesteigerte Aufnahme führt zu einem besseren Wachstum und zeigt sich zudem in einer größeren Blütenanzahl (DOVER 2015: 185).

Zu beachten ist, dass Gründächer zum richtigen Zeitpunkt angelegt werden müssen, um die Ausfallrate möglichst niedrig zu halten. Der ideale Zeitraum wird in der Literatur von April bis Juni angegeben, manche Quellen geben zudem den Spätsommer an (ANSEL, MEIER 2011: 23). Genaue DIN-Richtlinien zu den einzelnen Ausbringungsmöglichkeiten sind in den Dachbegrünungsrichtlinien der FLL 2018 festgelegt.

Die FLL gibt eine grobe Vorlage für mögliche Gründach-Vegetationsformen vor. Diese bestehen aus Moos-Sedum-Begrünungen, Sedum-Moos-Kraut-Begrünungen, Sedum-Kraut-Gras-Begrünungen oder Gras-Kraut-Begrünungen. Die erstgenannte Gattung dominiert die jeweilige Mischung in ihrem Anteil (FLL 2018: 24).

5 Methoden

Die Vorgehensweise bei der Themenbearbeitung basiert auf im Studium erlernten Methoden, die den Ansprüchen der Arbeit angepasst und weiterentwickelt wurden. Die Vorüberlegungen zur Geländearbeit werden zuerst näher betrachtet. Im Anschluss erfolgt die Erläuterung des Tabellenaufbaus und -inhalts (Datensatz), sowie die Beschreibung der Geländearbeit selbst und der Kartenerstellung.

5.1 Vorüberlegungen

Mögliche Grünflächen für die Dachkartierung wurden im Vorhinein über den Online-Kartendienst Google Maps und das Online-Kartenportal GAIA-MV professional erfasst. Grundlage für den Datensatz bildet die von Prof. Dr. Manfred Köhler begonnene Auflistung der Gründachstandorte in Neubrandenburg, sowie vorangegangenen Studierendenarbeiten. Bei den Arbeiten im Gelände wurden zusätzliche Dachbegrünungen zum Datensatz hinzugefügt. Die Objekteigentümer wurden telefonisch, schriftlich oder persönlich vor Ort kontaktiert. Bei Nichtantreffen einer befähigten Kontaktperson wurde ein offizielles Aufklärungsschreiben der Hochschule hinterlassen. Im Anschluss wurden 41 Termine für die Kartierungen vereinbart. Der Kartierungszeitraum erstreckte sich vom 18.06.18 bis 25.07.18. Es wurden 38 Standorte mit insgesamt 87 Gründachflächen untersucht.

Bereits vor den Kartierungsarbeiten wurden die Parameter für die Ergebnistabelle festgelegt. Anhand dieser Parameter wurde die nötige Ausrüstung ausgewählt und beschafft.

5.2 Datensatz

Der Datensatz wird in Form einer Tabelle präsentiert. Die Tabelle gliedert sich in Aussagen über das Gebäude mitsamt Kontaktpersonen, die selbst gewählten Parameter zu den Dachflächen und eigene Anmerkungen. Die Tabelle weist stellenweise Leerfelder auf. Aufgrund fehlender Zutrittsbefugnis oder ungesichertem Zugang konnten bei diesen Gründachflächen keine Daten erhoben werden.

Es werden im Folgenden nur jene Parameter beleuchtet, die einer Erklärung bedürfen. Für eine bessere Übersicht sind die Gründachflächen nummeriert und zeigen die Gesamtanzahl ebendieser. Es folgen Name und Adresse der Untersuchungsflächen. Der Name dient der genauen Identifikation des Objekts. Er setzt sich zusammen aus dem Titel der jeweiligen öffentlichen Institution beziehungsweise der Bezeichnung ‚Wohnhaus‘ oder ‚Wohnhaus mit angrenzendem begrünten Objekt‘ und dem Familiennamen der Anwohner bei privatem Besitz. Als öffentliche Einrichtungen werden in dieser Arbeit alle Standorte definiert, die nicht dem privaten Wohnen dienen. Sämtliche Objekte des ausschließlich privaten Wohngebrauchs gelten in diesem Rahmen als private Gründachstandorte. Wies ein Standort mehrere Gründachflächen auf, so wurden diese im Namen nummeriert. Innerhalb der Tabelle sind die Standorte nach ihrer Postleitzahl geordnet.

Die Ausrichtung und Lage der Dächer kann ausschlaggebend für die Wuchsentensität der Vegetation und das Artenvorkommen in Zusammenhang mit Sonnenscheindauer und Niederschlagsmenge sein und wurde deswegen aufgenommen. Dieser Parameter wurde nur dann berücksichtigt, wenn sich die Gründachfläche entweder unmittelbar an einem anderen höheren Gebäude befand oder aufgrund der Neigung (Steildach) vom Schatten, Regenschatten oder der Sonneneinstrahlung der Ausrichtung beziehungsweise Lage betroffen ist.

Die Substrathöhe wurde ausschließlich in einem abgesteckten Untersuchungsfeld mittels eines Zollstocks ermittelt.

Die Vegetationshöhe wurde im Gelände mithilfe eines Zollstocks für Bodenhorizonte und einer Kamera dokumentiert und später nach eigenem Ermessen ausgewertet. Auch dieser Parameter wurde innerhalb des Untersuchungsfeldes gemessen. Die Höhe der Sedumpflanzen wurde anhand der Pflanzen ohne Blütenstand bewertet, Gräser hingegen an der Höhe der Ähren. Vegetationslücken innerhalb des Untersuchungsfeldes wurden bei der Anteilsbestimmung der Vegetationshöhen außer Acht gelassen. Die Vegetationshöhenverteilung setzt sich zusammen aus drei Werten. Der erste Wert (%) orientiert sich vor allem an der durchschnittlichen Wuchshöhe der kartierten Sedumpflanzen und entspricht einer Höhe von 0 cm bis 15 cm. Der zweite Wert (%) richtet sich nach der durchschnittlichen Wuchshöhe der aufgenommenen krautigen Pflanzen und entspricht einer Höhe von 16 cm bis 30 cm. Die untersuchten Gras-Arten erreichen eine durchschnittliche Wuchshöhe von über 30 cm und sind somit ausschlaggebend für den dritten Wert (%).

Bei der Vegetation wurden nur repräsentative Arten der untersuchten Flächen dokumentiert. Repräsentativ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass bei großen Untersuchungsflächen mindestens zwei Individuen einer Art auffindbar sein mussten. Bei kleinen Flächen war ein Individuum ausreichend. Große Flächen definieren sich als Flächen ab einer Größe von 100 m², kleine Flächen entsprechen Flächen mit einer Größe von unter 100 m².

Die Vegetationsdichte wurde nach eigenem Ermessen vor Ort bestimmt. Die genaue Artenanzahl jeder Gründachfläche wurde anhand der Vegetationsliste ausgezählt, um einen Überblick über die Artenvielfalt zu geben und den direkten Vergleich mit anderen Flächen zu ermöglichen.

Die Vitalität liegt einer eigens entwickelten Skala zugrunde. Die Bewertung erfolgt aufgrund vergebener Noten von 1 bis 5 (siehe Abbildung 7).



Abbildung 9: Skala für die Einschätzung der Vitalität der Gründachflächen (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Je nach sich überschneidenden Eigenschaften der Noten wurde der Durchschnitt für die abschließende Bewertung einer Fläche gebildet. Somit kommen auch Noten wie 4,5 zustande.

Bei den Gesprächen mit den Ansprechpartnern stellte sich heraus, dass viele der zuständigen Architekten weder über die richtige Pflege, noch über die eigentliche Funktion der Gründächer aufgeklärt haben. Die Angaben zu diesen Parametern fielen demnach oft ungenau aus. Die Ansprechpartner gaben in diesen Fällen eine rein ästhetische Funktion an.

5.3 Kartierung

Die einzelnen Parameter wurden bei der Kartierung nach Vorgabe der Tabelle aufgenommen. Zusätzliche Informationen wurden außer Acht gelassen, um einen einheitlichen Datensatz zu erlangen und um die Ergebnisse miteinander ins Verhältnis setzen zu können. Sämtliche Parameter wurden innerhalb eines selbst festgelegten Untersuchungsfeldes bestimmt. Die Untersuchungsfläche betrug stets 1 m². Um diese Fläche bei jeder Gründachfläche exakt abstecken zu können, wurde bereits in Vorarbeit eine Konstruktion gefertigt, die jederzeit im Gelände einsetzbar war. Dafür wurde um vier Holzstäbe ein Band gewickelt, um so ein flexibles Quadrat zu formen (siehe Anhang ‚Holzstabkonstruktion‘). Die Seitenlängen des Quadrats messen je einen Meter. Das Band selbst reflektiert das Licht, um im Gelände und auf Fotos gut sichtbar zu sein.

Die Vegetation wurde direkt vor Ort bestimmt und dokumentiert. Die Bestimmung liegt eigenen Artenkenntnissen und einem Bestimmungsbuch zugrunde. Bei nicht identifizierbaren Pflanzen wurde die Hilfe von Dipl.-Biol. Bärbel Zander in Anspruch genommen. Sedum-, Kräuter- und Gras-Arten wurden genau bestimmt, Moose und Flechten wurden nur als solche in die Vegetationsliste aufgenommen, da die trockenen Verhältnisse das Bestimmen erschwerten und die nötigen Kenntnisse und Bestimmungshilfen fehlten.

Die Kartierungsarbeiten erstreckten sich über einen Zeitraum von insgesamt 5,5 Wochen. Es waren teils mehrere Telefonate und persönliche Treffen notwendig, um Begehungstermine festzulegen. Auch Absagen und Terminverschiebungen wirkten sich auf die Länge des Untersuchungszeitraums aus.

5.4 Karten

Im Rahmen der Bachelorthesis wurden insgesamt zehn Karten angefertigt. Die ersten fünf Karten dienten der Orientierung (siehe Anhang ‚Ausgangskarte [Nord, Ost, Süd, West, Mitte]‘). Sie wurden genutzt, um einen Überblick über das Untersuchungsgebiet Neubrandenburg zu erlangen. Die Grenzen des Untersuchungsgebiets sind deckungsgleich mit den Stadtgrenzen. In den Karten sind mögliche Gründachstandorte aufgeführt. Die Vermutungen für eventuelle Gründachflächen wurden mittels Google Maps und dem Kartenportal GAIA-MV professional aufgestellt und später durch persönliche Überprüfung bestätigt oder widerrufen. Die restlichen fünf Karten stellen Abschnitte dar und ergeben zusammen eine vollständige Übersichtskarte Neubrandenburgs mit den tatsächlichen Standorten extensiver Gründächer. Die Kartenabschnitte ermöglichen einen genaueren Einblick in die jeweiligen Stadtviertel mit entsprechendem Maßstab und gestalten die Sichtung der Ergebnisse übersichtlicher. Wären alle Standorte in eine Karte eingefügt worden, hätten sich die Gründachstandorte zu Ballungsräume auf der Karte zusammengeschlossen. Die genaue Anzahl der Gründächer wäre somit nicht mehr ersichtlich gewesen.

Grundlage für die angefertigten Karten bildet die topografische Karte DTK10 aus dem GeoPortal.MV. Diese war zum Anfertigungszeitpunkt am 12.06.2018 die einzige verfügbare und mit QGIS kompatible Karte mit dem geeigneten Maßstab von 1:10.000.

Alle Karten sind in schwarz-weiß abgebildet, um das Herausfiltern der farbig markierten Gründachstandorte zu erleichtern. Die Farben für die Markierungen wurden nach dem Ampelprinzip ausgewählt. Grüne Markierungen mit der Bezeichnung ‚Zugang gewährt‘ zeigen kartierte extensive Gründachstandorte an. Gelbe Markierungen mit der Bezeichnung ‚Zugang verweigert‘ kennzeichnen extensive Gründachstandorte, die aufgrund fehlender Befugnis nicht betreten werden konnten. Reine Spontanvegetationen wurden rot markiert. Obwohl sich die vorliegende Arbeit nur auf extensive Dachbegrünungen bezieht, wurden Spontanvegetationen dennoch in den Datensatz mit aufgenommen, um einen Gesamtüberblick über Neubrandenburgs Gründachflächen zu ermöglichen. Kartenelemente wie Maßstab und Nordpfeil konnten nicht immer einheitlich gesetzt werden und wurden stattdessen an anderer Stelle platziert, um die Lesbarkeit der Karten nicht zu gefährden. Die Karten wurden zusätzlich mit Attributtabelle versehen (in QGIS einsehbar). Diese Tabellen enthalten die genauen Adressen und erleichtern somit das Navigieren und Auswerten der Karten. Lediglich bei den Spontanbegrünungen wurde auf solch eine Attributtabelle verzichtet, da keine vollständige Auflistung der Objektadressen vorliegt.

5.5 Werkzeuge

- Kamera (siehe Anhang ‚Werkzeug‘)
- Holzstab-Konstruktion mit reflektierendem Band (siehe Anhang ‚Holzstabkonstruktion‘)
- Sprühflasche (zum Anfeuchten des Bodens für die Messung der Substrathöhe) (siehe Anhang ‚Werkzeug‘)
- Zollstock für Bodenhorizonte (siehe Anhang ‚Werkzeug‘)
- kleiner Zollstock (siehe Anhang ‚Werkzeug‘)
- ‚Was blüht denn da?‘ Kosmos-Naturführer (2. Auflage, 2015)
- Rothmaler – Exkursionsflora von Deutschland (digitale Version, 12. Auflage, 2013)
- Maßband (siehe Anhang ‚Werkzeug‘)

5.6 Software

- Microsoft Office 2016
- QGIS 2.18 Las Palmas de G.C.
- Photofiltre 7

5.7 Methodenkritik

Im Laufe der Arbeit erwies sich die Vorgehensweise in manchen Bereichen als unzureichend durchdacht oder teilweise fehlerhaft. Diese Probleme werden im Folgenden näher betrachtet.

Nicht alle kontaktierten Personen reagierten auf das Anschreiben der Hochschule. Auch weitere Versuche der Kontaktaufnahme wurden in diesen Fällen ignoriert. Somit konnte keine Erlaubnis für eine Begehung erwirkt werden. Diese Standorte fielen aus der Untersuchung heraus. Ein weiterer einschränkender Faktor, der eine Zusage für die Begehungen verhinderte, waren die fehlenden Utensilien zur nötigen Sicherung bei den Dachbegehungen.

Die Flächenangaben in der Ergebnistabelle spiegeln nicht immer die exakten Größen der Gründachflächen wider, denn sie enthalten unter anderem die Fläche der angelegten Gehwege und Lüftungsschächte. Zudem war die eigenständige Begehung mancher Gründachflächen nicht möglich. In diesen Fällen wurden von den Ansprechpartnern ungefähre Angaben zu den Flächengrößen gemacht. Teilweise beruhen diese Angaben nur auf persönlichen Einschätzungen der Ansprechpartner, da keine direkten Unterlagen zu den Flächen vorlagen. Auch die Substrathöhen können von ihren eigentlichen Maßen abweichen, da aufgrund besonders trockener Verhältnisse kein komplettes Eindringen in die Substratschicht möglich war. Viele Ansprechpartner konnten keine Aussagen zu den Substrathöhen treffen und es wurde ausdrücklich um Vorsicht bei der Messung gebeten, um keine darunterliegenden Schichten zu beschädigen.

Weitere Schwierigkeiten ergaben sich bei der Bestimmung der Substrattypen aufgrund mangelnder Erfahrung der Kartierenden, eines übergroßen Angebots an verschiedenen Substratmischungen der Hersteller und fehlenden Informationen seitens der Ansprechpartner.

Auch Messfehler bei den Parametern und Fehlbestimmungen einzelner Pflanzen sind nicht auszuschließen. Eine vollständige Bestimmung der Vegetation war durch Trockenheit oder fehlenden Blütenstand in seltenen Fällen nicht möglich.

Da während der Geländearbeit die genaue Vorgehensweise der Darstellung der Ergebnisse noch nicht bekannt war, wurde nicht darauf geachtet alle kartierten Pflanzenarten zu fotografieren. Aus diesem Grund fehlen Abbildungen von einigen Arten im Anhang.

Beim Anfertigen der Karten zeigte sich zudem im direkten Vergleich mit Kartenmaterial von Google Maps und GAIA-MV professional, dass wenige Straßennamen der Grundkarte DTK10 nicht mehr aktuell sind und umbenannt wurden. Beispielhaft zu nennen ist der Benjamin-Britten-Weg, der in den Emmerich-Kálmán-Weg umbenannt wurde. Die Karte eignet sich dennoch als Grundlage, da sie in ihrer Gesamtheit weiterhin einen fundierten Überblick über die Stadt gibt.

6 Auswertung

Die aus dem Datensatz gefilterten Informationen werden im Folgenden in ihren Aussagen konkretisiert, ausgewertet und diskutiert.

6.2 Parameter

Insgesamt wurden während der Kartierungsarbeiten 159 Gründachflächen an 73 Standorten in Neubrandenburg aufgenommen. Davon befinden sich 31 Standorte in privatem Besitz, 42 Standorte sind der Öffentlichkeit zugänglich. Zu 55% der Gründachflächen wurde der Zugang gewährt, 19% der Flächen konnten nicht kartiert werden. Es fielen 26% der Flächen aus der Kartierung heraus, da es sich hierbei um Spontanbegrünungen handelt (siehe Abbildung 10).

KARTIERUNGSMÖGLICHKEIT

■ Zugang gewährt ■ Zugang verweigert ■ Spontanvegetation

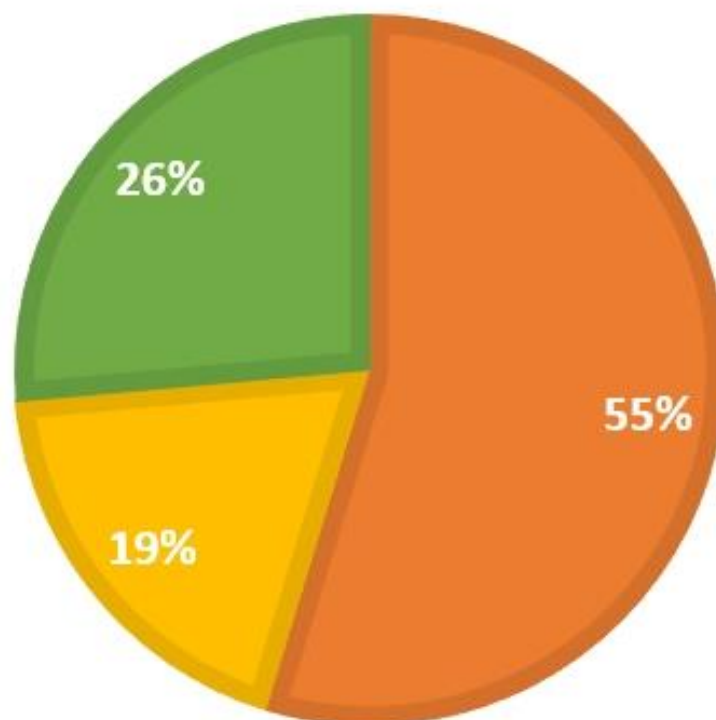


Abbildung 10: Diagramm Kartierungsmöglichkeit (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Aus der ‚Endkarte Nord‘ wird ersichtlich, dass sich im nördlichen Stadtgebiet von Neubrandenburg neun Gründachstandorte befinden. Davon waren drei Standorte für die Kartierung zugänglich, drei Standorte durften nicht begangen werden und drei Standorte wiesen lediglich eine spontane Begrünung auf (siehe Abbildung 11).



Abbildung 11: Endkarte Nord (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Die ‚Endkarte Ost‘ zeigt sechs Gründachstandorte. Drei der Standorte waren zugänglich, bei den anderen Drei handelt es um Spontanvegetationen (siehe Abbildung 12).

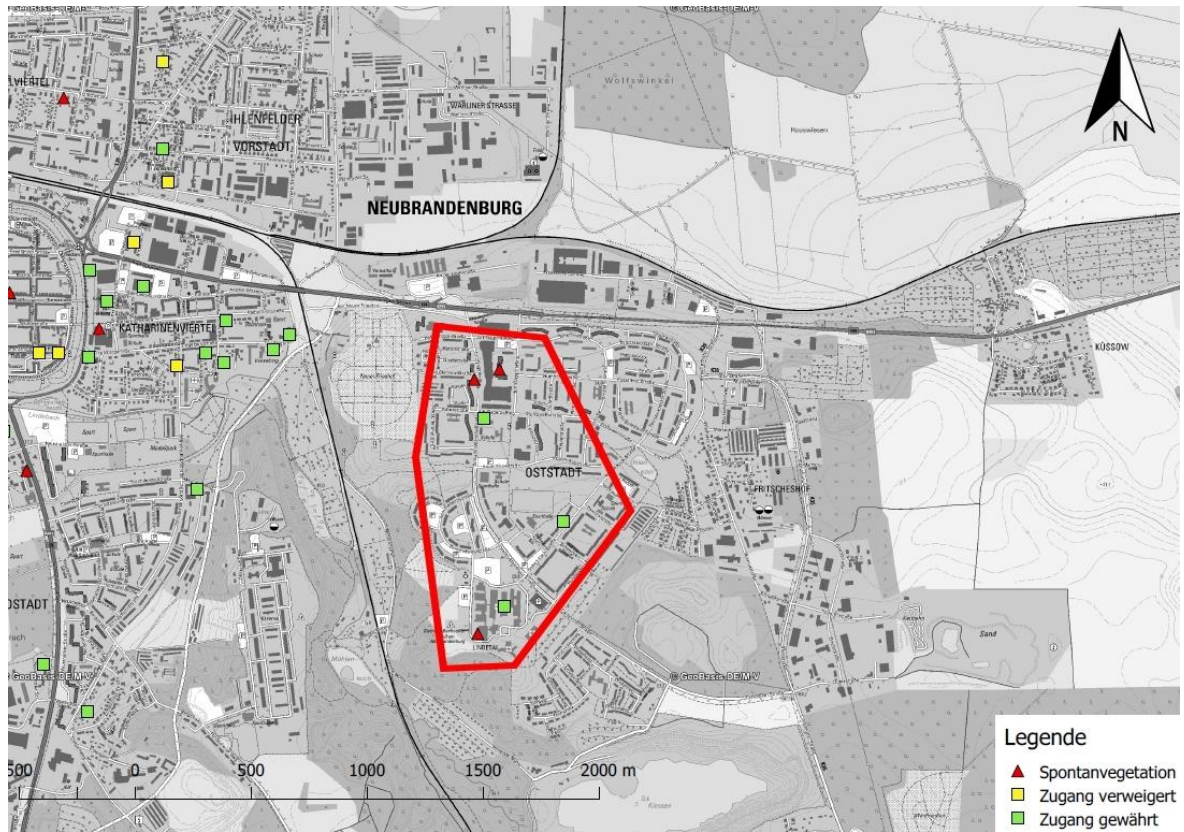


Abbildung 12: Endkarte Ost (Quelle: eigene Abbildung 2018)

In der ‚Endkarte Süd‘ sind zehn Standorte erkennbar. Zu allen Gründachflächen wurde der Zugang gewährt (siehe Abbildung 13).

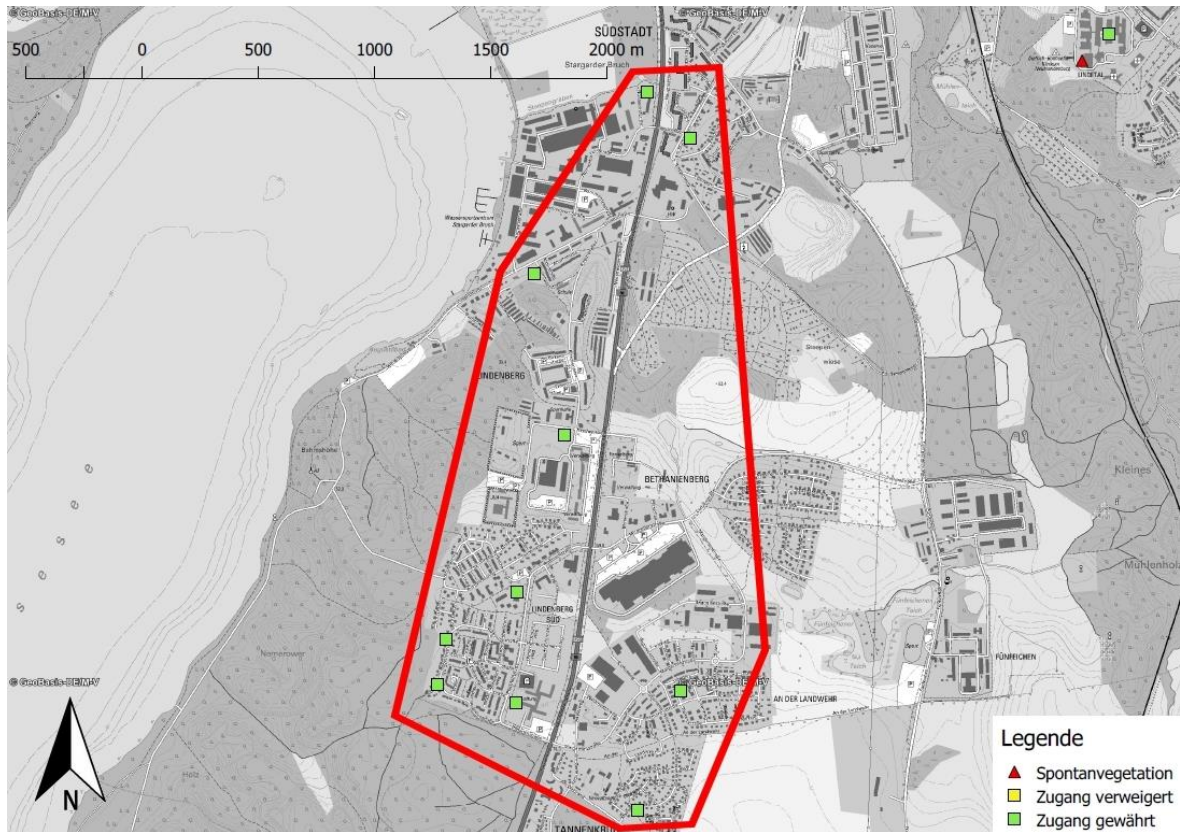


Abbildung 13: Endkarte Süd (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Im Westen der Stadt befinden sich 14 Gründachstandorte. Die ‚Endkarte West‘ zeigt drei Standorte auf, die kartiert werden konnten. Bei vier Standorten wurde der Zugang verweigert. Sieben Standorte wurden aufgrund ihres Status als Spontanvegetation nicht weiter untersucht (siehe Abbildung 14).

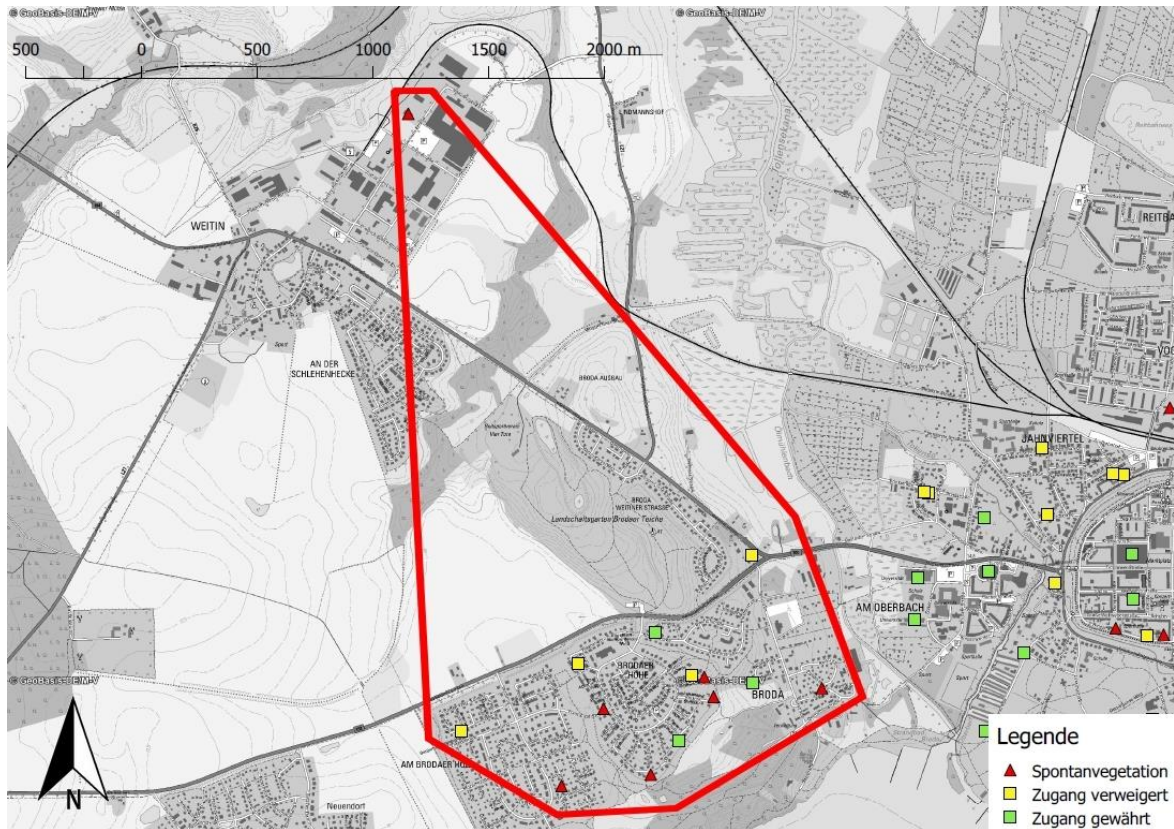


Abbildung 14: Endkarte West (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Die Mitte Neubrandenburgs weist die meisten Gründachstandorte auf. Der ‚Endkarte Mitte‘ sind 38 Standorte zu entnehmen, darunter 21 kartierte Standorte, 12 Standorte ohne Zutrittsbefugnis und fünf Spontanbegrünungsstandorte (siehe Abbildung 15).

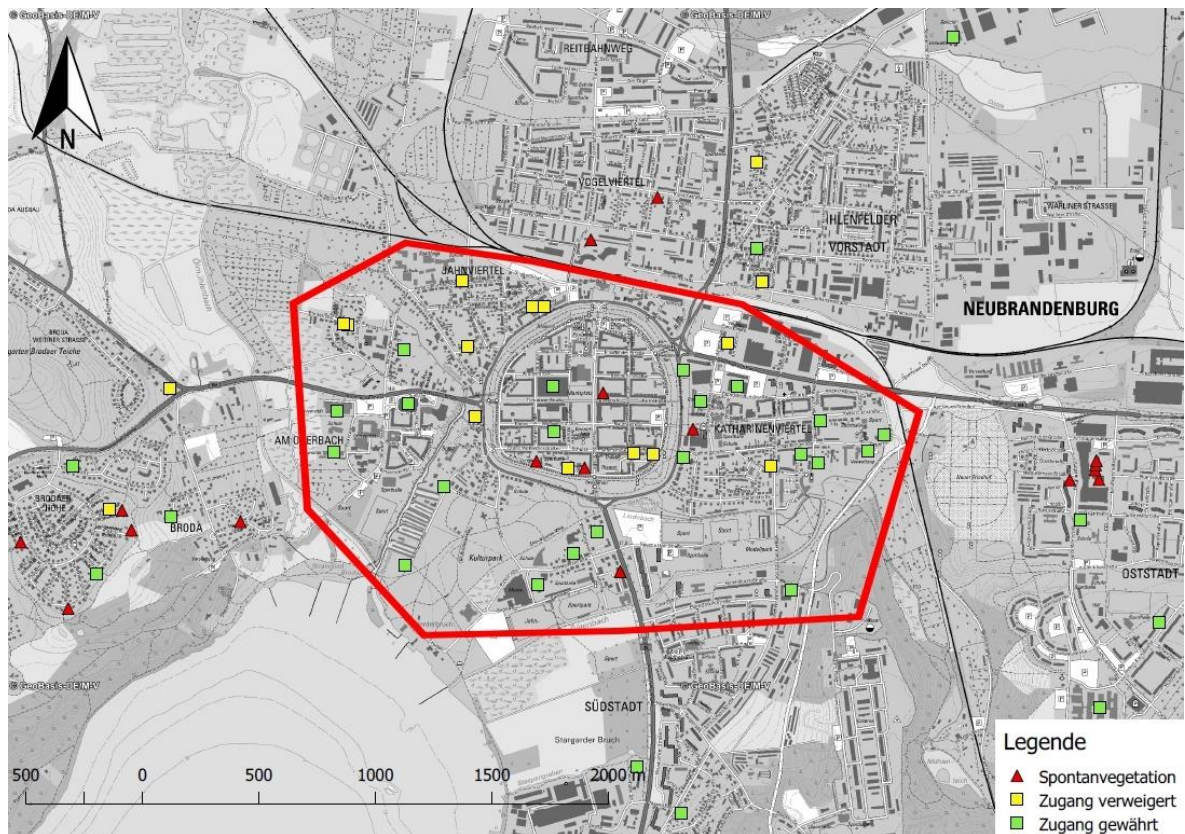


Abbildung 15: Endkarte Mitte (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Die untersuchten Gründächer befinden sich nicht in allen Fällen auf den Gebäuden, sondern wurden zum Teil auf anderen auf dem Grundstück befindlichen Objekten angelegt (Schuppen, Carports). Die angeführten Jahreszahlen sind den Hauptgebäuden der Grundstücke zugehörig. Lange Zeitintervalle (\geq zehn Jahre) wurden gewählt, wenn nur wenige Gebäude aus dem Datensatz in den angegebenen Jahren erbaut wurden und sich eine Bündelung der Gebäude angeboten hat. Die zwei kurzen Zeitintervalle (= 5 Jahre) wurden für einen Zeitraum (1991-2001) gewählt, wo auffällig viele Gebäude erbaut wurden. Zur besseren Übersichtlichkeit für die Folgeuntersuchungen wurden hieraus zwei Intervalle (1991-1995, 1996-2001) gebildet.

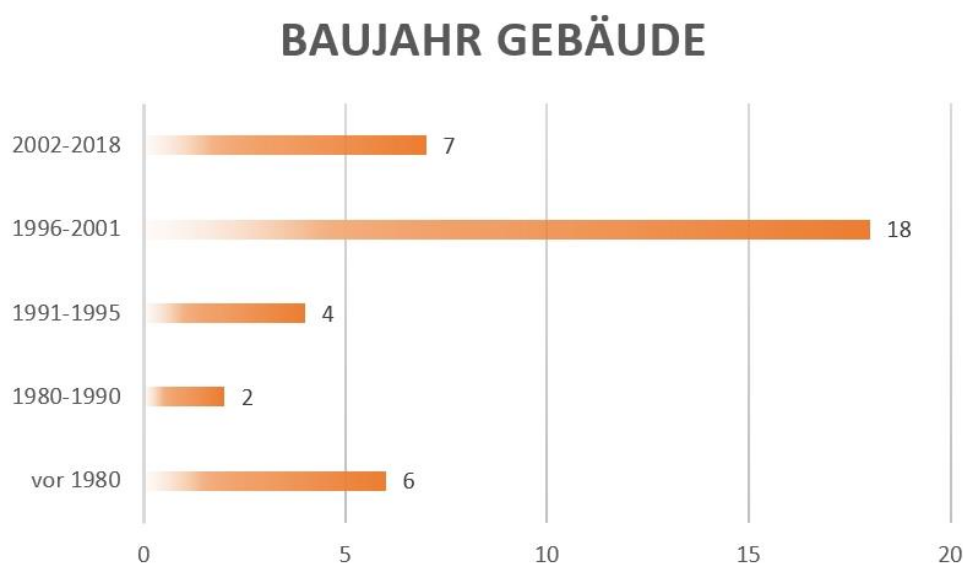


Abbildung 16: Diagramm Baujahr Gebäude (Quelle: eigene Abbildung 2018)

In der Grafik (siehe Abbildung 16) ist die Anzahl der in den jeweiligen Zeiträumen erbauten Gebäude dargestellt. Vor 1980 wurden sechs der aufgenommenen Gebäude errichtet. Im Zeitraum von 1980 bis 1990 wurden lediglich zwei Gebäude erbaut, die geringste Anzahl des Erfassungszeitraums. Vier weitere Gebäude folgten in den Jahren 1991 bis 1995. Die höchste Anzahl der in dem Zeitraum erfassten Gebäude beträgt 18. Sie wurden von 1996 bis 2001 erbaut. Von 2002 bis 2018 wurden die letzten 7 Gebäude des Erfassungszeitraums gebaut.

Das Alter der Dächer unterscheidet sich vom Alter der Häuser. Grund dafür ist, dass nicht alle Häuser mit Gründach angelegt wurden und stattdessen in späteren Jahren nachgerüstet wurde beziehungsweise die auf den Grundstücken befindlichen Objekte mit Gründachflächen später errichtet wurden. Im Zeitraum von 1991 bis 1995 wurden Gründächer an fünf

Standorten installiert und definieren damit den Zeitraum mit der niedrigsten Grünflächen-Baurate. 1996 bis 2001 folgten 22 weitere Standortbegrünungen und ergeben damit die höchste Anzahl angelegter Begrünungen in einem der hier festgelegten Zeiträume. Im Zeitraum von 2002 bis 2018 erhielten 13 Standorte Gründächer (siehe Abbildung 17).

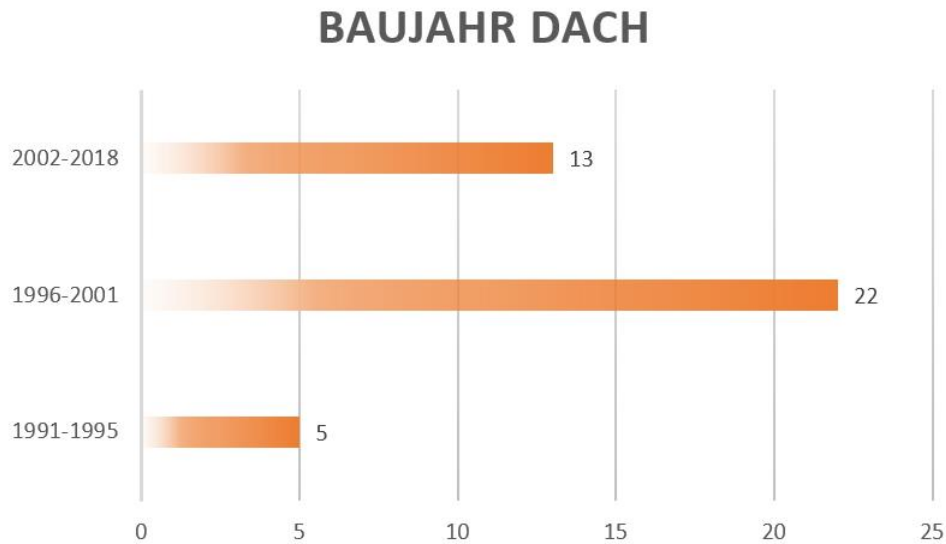


Abbildung 17: Diagramm Baujahr Dach (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Bei der Auswertung der Daten wurde festgestellt, dass der Großteil (66%) der Gründachinstallationen bereits im Hausbau inbegriffen war. Bei rund einem Drittel der untersuchten Dachbegrünungsstandorte wurden die Gründächer nachgerüstet (siehe Abbildung 18).

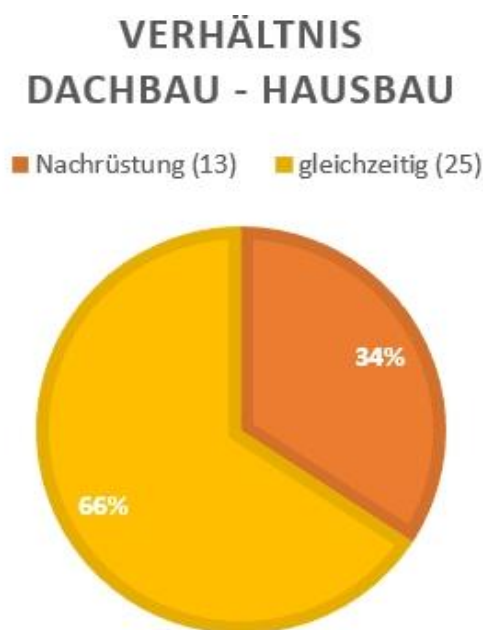


Abbildung 18: Diagramm Verhältnis Dachbau – Hausbau (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Nach den Dachbegehungen wurde die Ausrichtung beziehungsweise die Lage der Gründachflächen mit Hilfe von Google Maps ermittelt. Dabei wurde festgestellt, dass die Verteilung der Haupthimmelsrichtungen relativ ausgewogen ist. Genau 20% der Gründachflächen sind nach Norden ausgerichtet. Die meisten Gründachflächen (29%) liegen im Osten. Nach Süden zeigen 25% der untersuchten Gründachflächen. In westlicher Ausrichtung befinden sich 22% der Gründachflächen. Die restlichen vier Prozent teilen gleichermaßen auf Nordosten und Nordwesten auf und bilden somit den kleinsten Prozentsatz (siehe Abbildung 19).

AUSRICHTUNG/LAGE

■ Nordwesten
 ■ Norden
 ■ Nordosten
 ■ Osten
 ■ Süden
 ■ Westen

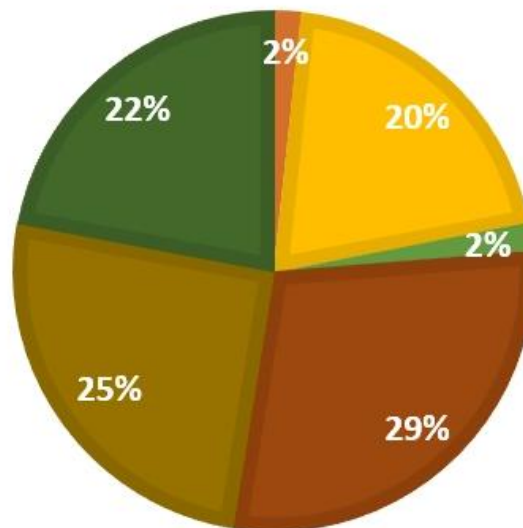


Abbildung 19: Diagramm Ausrichtung/Lage (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Die Verteilung der Dachtypen fällt eindeutig zu Gunsten der Flachdächer aus. Diese sind mit 90% Anteil vertreten (siehe Abbildung 20). Daran schließen sich die Schrägdächer mit einem Anteil von 9% an. Nur eine Gründachfläche weist Merkmale beider Dachtypen auf.

DACHTYP

■ flach (99) ■ schräg (10) ■ beides (1)

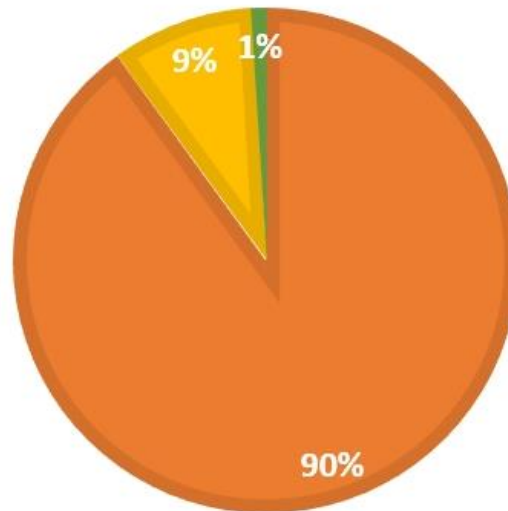


Abbildung 20: Diagramm Dachtyp (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Die Summe aller kartierten Gründachflächen beträgt 32.269,33 m². Anzumerken ist, dass diese sowohl die Vegetationsflächen als auch Gehwege, Kiesstreifen und Lüftungsschächte der Dächer beinhaltet. Daraus ergab sich eine Gründachfläche pro Einwohner von 0,495 m². Dafür wurde die Flächensumme der Gründächer durch die Einwohnerzahl von Neubrandenburg dividiert.

Bei den Substrathöhen ergab sich eine Durchschnittshöhe von 5,83 cm. Die vorgefundenen Substrattypen beschränkten sich auf Ziegelbruch, gebrochenen Blähton, Recyclingbruch, groben und feinen Kies, Blähschiefer, Erde, Sand, Bims und Lava.

Bei der Vegetation zeigen sich klare Tendenzen zu bestimmten Arten. Diese prägen das Erscheinungsbild der Dachbegrünungen als Ganzes. Im Rahmen dieser Arbeit wurden bei den Dachaufnahmen insgesamt neun Sukkulente-Arten der Ordnung *Saxifragales* aufgenommen. Beispiele hierfür sind *Sedum album*, *Sedum acre* und *Sempervivum tectorum*. Bei den krautigen Pflanzen wurden insgesamt 26 Arten bestimmt. Die Arten gehören den Ordnungen *Asparagales*, *Caryophyllales*, *Asterales*, *Fabales*, *Lamiales* und *Rosales* an. Beispielhafte Arten in gleicher Reihenfolge sind *Allium schoenoprasum*, *Petrorhagia saxifraga*, *Picris hieracioides*, *Melilotus albus*, *Plantago lanceolata* und *Urtica urens*. Die sieben aufgenommenen Gräser-Arten werden der Ordnung *Poales* zugeteilt. Beispiele hierfür sind *Festuca ovina*, *Poa compressa* und *Briza media*. Unabhängig davon wurden sechs

Pflanzenarten der Ordnung *Lamiales* bestimmt, die sowohl den Sträuchern als auch den Kräutern zugehörig sind. Beispielhaft zu nennen sind *Thymus pulegioides* oder *Thymus serpyllum*. Ebenfalls den Sträuchern zugehörig, ist die *Rosales*-Art *Hippophae rhamnoides*. Auch sie wurde bei den Untersuchungen auf einem Gründach gefunden. Als einzige aufgenommene *Vitales*-Art ist *Parthenocissus quinquefolia* zu vermerken. Andere Ordnungen, bei denen nur ein Arten-Vertreter gefunden wurde, sind *Boraginales*, *Polypodiopsida*, *Apiales*, *Malpighiales*, *Coniferales*, *Fagales* und *Brassicales*. Die zugehörigen Arten in gleicher Reihenfolge sind *Echium vulgare*, *Dryopteris filix-mas*, *Daucus carota subsp. Carota*, *Hypericum perforatum*, *Pinus sylvestris*, *Betula pendula* und *Draba verna*. Einige Fotoaufnahmen zu den in diesem Absatz genannten Pflanzenarten befinden sich mit Artnamen im Anhang.

Die am häufigsten vorkommende Art ist *Sedum album* mit 69 Populationen (siehe Abbildung 21), dicht gefolgt von *Sedum floriferum* mit 63 Populationen (siehe Abbildung 21). Insgesamt wurden 58 Populationen der Art *Sedum spurium* dokumentiert (siehe Abbildung 21). Die vierthäufigste Art stellt *Sedum sexangulare* mit 53 Populationen dar (siehe Abbildung 21). Die restlichen vier Diagramme zur Anzahl der Pflanzenartenpopulationen befinden sich im Anhang. Moose wurden auf 70 Dachflächen gefunden, Flechten kamen auf 62 Dachflächen vor. Durch die übermäßig vorkommenden Bodendecker ergibt sich eine durchschnittliche Vegetationsdichte von 83%. Die durchschnittliche Artenzahl beläuft sich auf 7,6 Populationen pro Gründachfläche. Dies hat eine durchschnittliche Vitalitätsrate von 3,76 zufolge (siehe Abbildung 9).

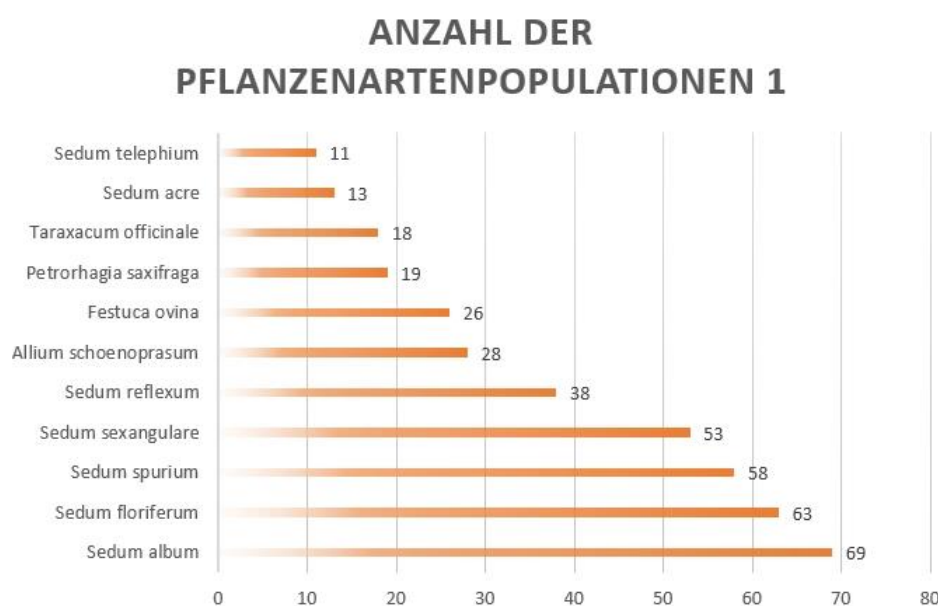


Abbildung 21: Diagramm Anzahl der Pflanzenartenpopulationen 1 (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Wie in Abbildung 22 zu sehen ist, wurde der Vitalitätswert von 3,5 am häufigsten festgestellt. Dieser Wert liegt zwischen den Bewertungsangaben ‚befriedigend‘ und ‚mangelhaft‘ (siehe Abbildung 9). Die Vitalitätswerte 1 und 2 wurden bei keiner Gründachfläche erreicht. Die Bewertungsangaben 3, 4 und 4,5 sind in ihrer Häufigkeit verhältnismäßig gleich. Nur eine Dachfläche wurde mit einem Vitalitätswert von 5 eingeschätzt.

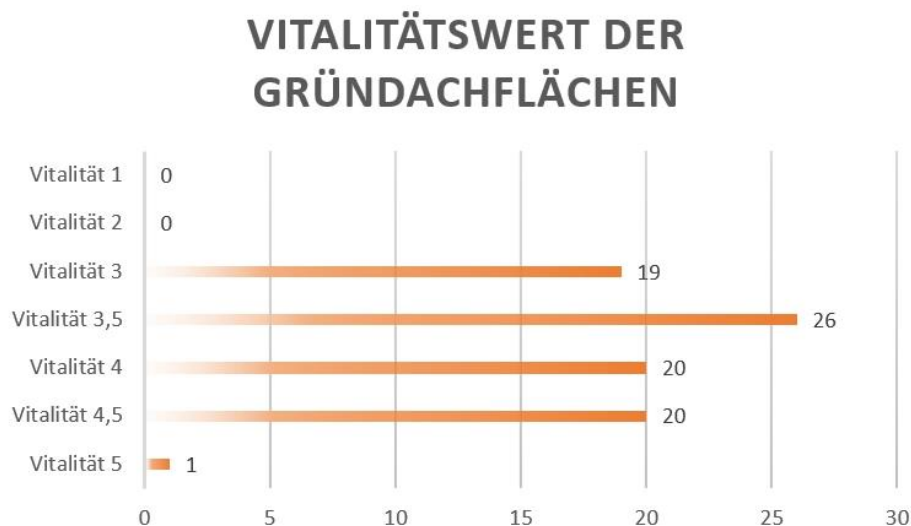


Abbildung 22: Diagramm Vitalitätswert der Gründachflächen (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Bei den Funktionen der Gründachflächen wurden von den Ansprechpartnern über sieben Varianten angegeben (siehe Abbildung 23). Alle Funktionen, die nur einmal genannt wurden, wurden in der Grafik unter der Rubrik ‚andere‘ zusammengefasst. Ästhetik ist die am häufigsten genannte Funktion (34 Gründachflächen). Andere mehrmals genannte Funktionen sind Schallschutz, Ökologie, Erholung, Retention, Naturschutzausgleich und Forschung.

FUNKTIONEN DER GRÜNDACHFLÄCHEN

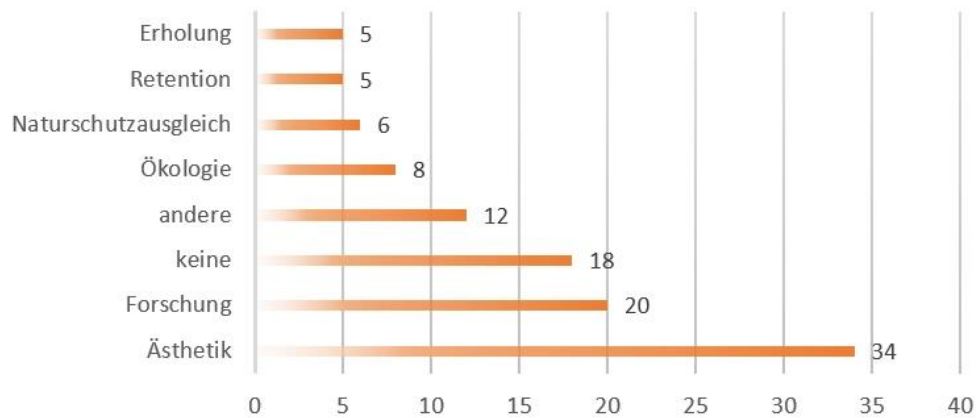


Abbildung 23: Diagramm Funktionen der Gründachflächen (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Die Verteilung der Gründachflächen teilt sich auf in gepflegte (86%) und nicht gepflegte Gründachflächen (14%) (siehe Abbildung 24). Die Häufigkeit der Pflege unterscheidet je nach Einrichtung und Eigentümer. Unregelmäßige Pflegemaßnahmen finden bei 26 Gründachflächen statt, wohingegen nur drei Gründachflächen regelmäßig gepflegt werden. Sieben Gründachflächen werden nach Bedarf gepflegt. Bei 24 Gründachflächen findet die Pflege ein bis drei Mal im Jahr statt (siehe Abbildung 25). Auch bei der Art der Pflegemaßnahmen zeigen sich deutliche Unterschiede (siehe Abbildung 26). Die häufigste angegebene Maßnahme ist die Baumentfernung. Sie wird bei 60 Gründachflächen durchgeführt. Die Bewässerung stellt die am seltensten angewendete Maßnahme dar. Es werden nur zwei Gründachflächen bewässert. Weitere Pflegemaßnahmen sind Mahd, Unkrautentfernung, Müllentfernung und Düngung. Bei 12 Gründächern findet keine Pflege statt. Keine den Ansprechpartnern bekannte Funktion liegt bei 18 Gründachflächen vor.

ANTEIL DER GEPFLEGTEN GRÜNDACHFLÄCHEN

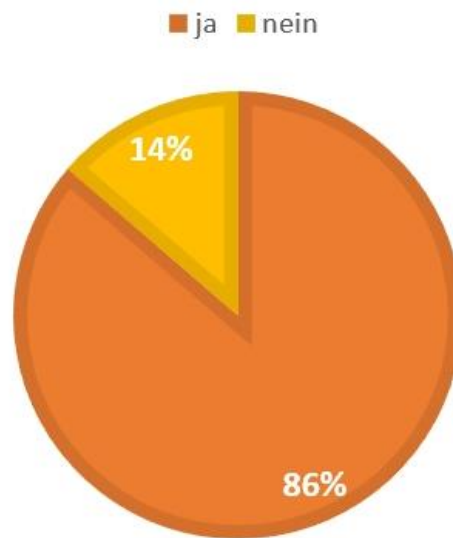


Abbildung 24: Diagramm Anteil der gepflegten Gründachflächen (Quelle: eigene Abbildung 2018)

HÄUFIGKEIT DER PFLEGE

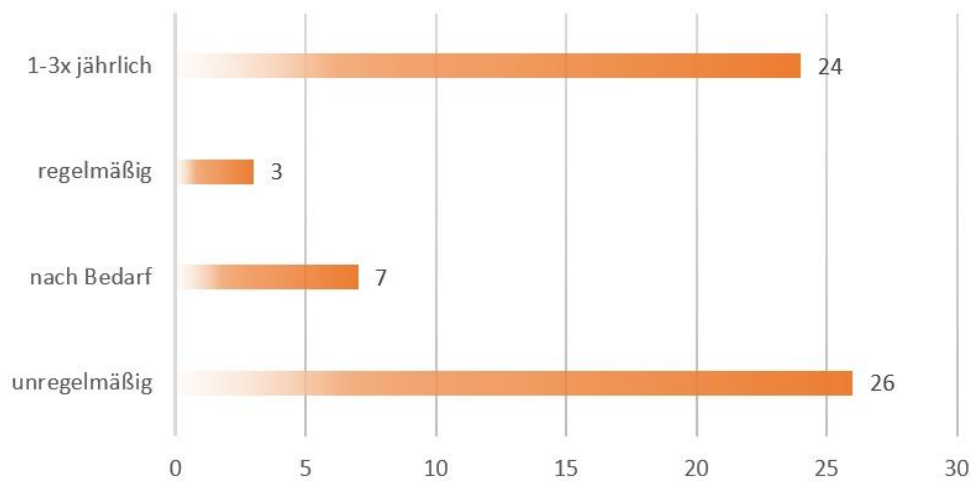


Abbildung 25: Diagramm Häufigkeit der Pflege (Quelle: eigene Abbildung 2018)

ART DER GRÜNDACHFLÄCHENPFLEGE

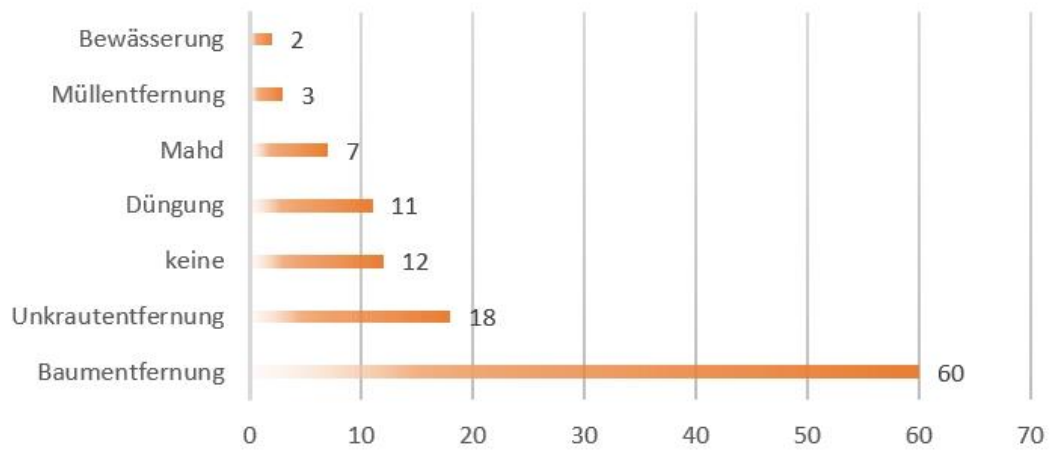


Abbildung 26: Diagramm Art der Gründachflächenpflege (Quelle: eigene Abbildung 2018)

6.3 Gründachstandorte

Um einen Überblick über die Gründachsituation in Neubrandenburg zu ermöglichen, werden die ausgewählte Gründachstandorte vorgestellt. Die restlichen Standorte mit den dazugehörigen Daten sind der Ergebnistabelle zu entnehmen. Die Fotoaufnahmen sämtlicher Untersuchungsflächen befinden sich im Anhang. Sämtliche Ergebnisse und Bewertungen beziehen sich auf den Zeitpunkt der Aufnahme.

Wohnhaus Carport Architekturbüro



Abbildung 27: Vegetationshöhenverteilung Wohnhaus Carport Architekturbüro (Quelle: eigene Abbildung 18.07.2018)

Diese nach Süden ausgerichtete Gründachfläche befindet sich im südlichen Teil von Neubrandenburg und wurde am 18.07.2018 kartiert. Das Wohn- und Arbeitsgebäude wurde 1998 erbaut. Im Jahr darauf folgte die Installation der Dachbegrünung auf dem Flachdach des Carports, welches direkt an das Gebäude anschließt. Die extensiv begrünte Fläche umfasst 38,75 m² und sorgt somit für eine flächendeckende Kühlung der unter dem Carport stehenden Autos. Neben der Funktion der Wärmeabschirmung sorgt das Gründach für eine ästhetische Aufwertung des Carports. Die Substratschicht der Begrünung hat eine Mächtigkeit von 10 cm und liegt damit weit über dem Durchschnitt der Untersuchungsergebnisse. Als Substrat wurde gebrochener Blähton verwendet. Die grobe Kiesschüttung an den Rändern wurde ungewollt von der Vegetation bewachsen und dient ebenfalls als Substrat. Diese Beobachtung wurde bei sehr vielen Gründachflächen gemacht. Die Vegetation dieser

Gründachfläche setzt sich aus Moosen, Flechten, *Hippophae rhamnoides*, *Sedum floriferum*, *Daucus carota subsp. carota*, *Sedum spurium*, *Sedum album*, *Hieracium pilosella*, *Sedum sexangulare*, *Hypericum perforatum*, *Pinus sylvestris* und *Betula pendula* zusammen. Insgesamt wurden 12 Arten kartiert. Im Vergleich zu den durchschnittlichen 7,6 Pflanzenarten, ist diese Fläche weitaus vielfältiger in der Artenzusammensetzung. Die letzten beiden genannten Arten sind ungewöhnlich für eine Extensivbegrünung. Der Architekt lehnt eine Baumentfernung auf seiner Dachbegrünung vorerst ab. Er möchte beobachten, wie sich die Bäume auf seinem Carport entwickeln. Einen möglichen Windwurf der Bäume nimmt er dabei in Kauf. Der größte Baum, eine Gewöhnliche Kiefer (siehe Abbildung 28), erreicht eine Höhe von ungefähr 1,50 m. Aus diesem Grund wurden die Bäume nicht bei der Vegetationshöhenverteilung (siehe Abbildung 27) beachtet. Genau 90% der Pflanzenarten auf dieser Dachbegrünung haben eine Wuchshöhe von unter 15 cm. In dem Höhenbereich von 16 cm bis 30 cm befinden sich 8% der Arten und der Rest (2%) erreicht Höhen



von über 31 cm. Die Vegetationsdichte des begrün- ten Carports beträgt 90% und erreicht somit einen höheren Wert als der Durchschnitt. Neben der Ent- fernung von ungewollten Pflanzenarten wie zum Beispiel dem Sanddorn, findet einmal im Jahr die Mahd der Grünfläche statt. Aus den gesammelten Informationen ergibt sich eine überdurchschnittlich gute Vitalitätsbewertung von 3,5.

Abbildung 28: Gewöhnliche Kiefer (Quelle: eigene Abbildung 18.07.2018)

Deutsche Rentenversicherung Nord 2



Abbildung 29: Vegetationshöhenverteilung Deutsche Rentenversicherung Nord 2 (Quelle: eigene Abbil- dung 22.06.2018)

Die zweite kartierte Gründachfläche der Rentenversicherung Nord ist wie das begrünte Carport vom Architekten nach Süden ausgerichtet. Im Jahr 1996 wurde sowohl die öffentliche Einrichtung als auch dieses Gründach fertiggestellt. Die Extensivbegrünung hat eine ungefähre Größe von 381,5 m² und dient ausschließlich der ästhetischen Aufwertung. Auf dem Flachdach befindet sich eine 5 cm dicke Substratschicht aus einer Mischung aus gebrochenen Blähton, Erde und groben Kies. Mit dieser Mächtigkeit liegt die Dachbegrünung leicht unter dem Durchschnitt. Genau 10% der Pflanzenarten auf dem Gründach haben eine Wuchshöhe von unter 15 cm. In dem Höhenbereich von 16 cm bis 30 cm befinden sich in dem Versuchsquadratmeter keine Pflanzenarten. Der größte Teil (90%) erreicht Höhen von über 31 cm (siehe Abbildung 29). Allerdings waren zum Zeitpunkt der Begehung durch die anhaltende Trockenheit und Hitze die meisten Gräser abgestorben. Diese und zwei weitere Dachflächen von der Rentenversicherung Nord wurden am 22.06.2018 untersucht. Insgesamt wurden zehn Arten auf dem Dach gefunden, was überdurchschnittlich viel ist. Die Vegetation der Fläche besteht aus *Briza media*, Moosen, *Trifolium pratense*, *Plantago major*, *Allium schoenoprasum*, *Dianthus carthusianorum*, *Achillea millefolium*, *Sedum reflexum*, *Thymus pulegioides* und *Prunella vulgaris*. Die Dichte der Vegetation erreicht einen überdurchschnittlich hohen Wert von 95%. Auf dem Dach wird einmal im Jahr eine Mahd und Unkrautentfernung durchgeführt. Aus diesen Parameterwerten ergibt sich ein Vitalitätswert von 4, wodurch diese Gründachfläche unter dem Durchschnitt liegt.

Haus des Sports



Abbildung 30: Vegetationshöhenverteilung Haus des Sports (Quelle: eigene Abbildung 11.07.2018)

Das ‚Haus des Sports‘ ist ein DDR-Bau und liegt in zentraler Lage. Es wurde am 11.07.2018 untersucht und umfasst eine Größe von 288,9 m². Die Gründachfläche des Gebäudes wurde im Jahr 1999 installiert. Die Dachbegrünung mit dazugehöriger Dachterrasse wurden von den Gästen des damaligen Dachrestaurants zur Erholung genutzt. Derzeit besitzt das begrünte Flachdach keine Funktion mehr und wird auch nicht mehr gepflegt. Die Substrathöhe beträgt unterdurchschnittliche 4 cm und die Schicht setzt sich zusammen aus Erde und grobem Kies. Neben Moosen konnten vier Arten auf dem Dach bestimmt werden: *Sedum album*, *Sedum floriferum*, *Sedum spurium* und *Calamagrostis epigejos*. Mit fünf Pflanzenpopulationen ist diese Dachbegrünung auch hier unter dem Durchschnitt. Der Großteil der Dachbegrünung (98%) erreicht eine Höhe von über 31 cm (siehe Abbildung 30). Unter 15 cm hoch sind 2%, auf der Höhe zwischen 16 cm und 30 cm befinden sich keine Arten. Auf dem abgesteckten Untersuchungsfeld wurde eine Vegetationsdichte von 95% ermittelt. Die Dachbegrünung befindet in einem vernachlässigten Zustand und der Großteil der Gräser ist abgestorben. Aus diesen Informationen lässt sich ein unterdurchschnittlicher Vitalitätswert von 4,5 ableiten.

IHK Neubrandenburg 1 und 2



Abbildung 31: Vegetationshöhenverteilung IHK Neubrandenburg 1 (Quelle: eigene Abbildung 28.06.2018)

Die beiden Flachdächer der IHK wurden 2001 mit dem Bau des Gebäudes angelegt. Fläche 1 (siehe Abbildung 31) mit einer Größe von 32,64 m² befindet sich direkt am nördlich ausgerichteten und schattigen Gebäudeeingang, Fläche 2 (siehe Abbildung 32) im südlich angelegten und sonnigen Hinterhof misst 18,6 m². Beide Flächen wurden am 28.06.2018 begangen. Die Vegetationshöhenverteilung ist bei beiden Flächen ähnlich. Unter 15 cm Höhe wurden 80% der Pflanzen von Fläche 1 dokumentiert. Die restlichen 20% der Vegetation

wurden ab einer Höhe von 31 cm gemessen. Auf Fläche 2 erreicht die gesamte Vegetation eine Höhe von maximal 15 cm. Diese setzt sich aus *Sedum album*, *Sedum spurium*, *Sedum floriferum*, *Sedum sexangulare*, *Trifolium campestre*, *Poa compressa* und *Sedum reflexum* zusammen. Dagegen besteht die Vegetation von Fläche 1 aus *Dianthus deltoides*, *Trifolium campestre*, *Taraxacum officinale*, *Crepis biennis*, *Trifolium repens*, *Plantago major*, *Tussilago farfara*, *Poa compressa*, *Festuca ovina*, *Sedum sexangulare*, *Sedum spurium* und Moosen. Dies ergibt eine Gesamtanzahl von 18 Arten zuzüglich der Moose auf beiden Flächen. Die Vegetationsdichten unterscheiden sich eindeutig voneinander. Auf der Fläche 1 sind 95% des Versuchsquadratmeters bewachsen, wohingegen nur 60% der Fläche 2 bewachsen sind.



Abbildung 32: Vegetationshöhenverteilung IHK Neubrandenburg 2 (Quelle: eigene Abbildung 28.06.2018)

Die Substratschicht der Fläche 1 besteht aus Erde und grobem Kies und besitzt eine Mächtigkeit von 4 cm. Bei Fläche 2 ist die Vegetationstragschicht 5 cm hoch und setzt sich zusammen aus Ziegelbruch, Erde und grobem Kies. Beide Dachbegrünungen wurden als Maßnahme des Naturschutzausgleichs angelegt. Da auf Fläche 1 hohe Gräser wachsen, werden diese nach Bedarf geschnitten. Auf Fläche 2 findet keine Pflege statt. Aus diesen Informationen ergibt sich für Fläche 1 ein Vitalitätswert von 3 und für die Fläche 2 ein Wert von 3,5.

OP-Zentrum, Gemeinschaftspraxis Anästhesie 1



Abbildung 33: Vegetationshöhenverteilung OP-Zentrum, Gemeinschaftspraxis Anästhesie 1 (Quelle: eigene Abbildung 10.07.2018)

Das Gründach des OP-Zentrum in der Innenstadt besteht aus 2 Teilflächen, die am 10.07.2018 kartiert wurden. Es wird nur die auf Abbildung 33 dargestellte Gründachfläche in südlicher Ausrichtung betrachtet, weil die zweite Fläche nicht begehbar und nur schwer einsehbar ist. Diese Dachfläche ist sowohl flach als auch schräg (siehe Abbildung 33) und wird regelmäßig bewässert. Das stellt eine Besonderheit im gesamten Datensatz dar. Das Gebäude wurde 1997 gebaut und 2008 mit den Gründachflächen nachgerüstet. Auf 116,37 m² wurden sechs Arten gefunden. Das Dach liegt damit unter dem Durchschnitt. Die gesamte Vegetation erreicht eine Höhe von maximal 15 cm und setzt sich aus *Sedum album*, *Sedum floriferum*, Moosen, Flechten, *Hieracium pilosella* und *Taraxacum officinale* zusammen. Die Rotfärbung der Sedum-Pflanzen zeigt einen deutlichen Nährstoffmangel an. Die Vegetationstragschicht besteht aus grobem Kies, Ziegelbruch und gebrochenem Blähton und besitzt eine Höhe von unterdurchschnittlichen 4cm. Die Vegetationsdichte liegt mit 70% ebenso unter dem Durchschnitt. Es liegen keine Angaben zur Funktion vor. Aus allen Werten ergibt sich ein Vitalitätswert von 4.

POCO Einrichtungsmarkt



Abbildung 34: Vegetationshöhenverteilung POCO Einrichtungsmarkt (Quelle: eigene Abbildung 18.06.2018)

Die größte kartierte Fläche mit 7.903 m² befindet sich auf dem POCO Einrichtungsmarkt im Norden von Neubrandenburg. Die Kartierung fand am 18.06.2018 statt. Das Gebäude samt Dachbegrünung wurde im Jahr 1993 gebaut. Die Substratschicht des Flachdachs ist unterdurchschnittliche 4 cm hoch und setzt sich stellenweise aus gebrochenem Blähton mit feinem oder grobem Kies sowie Sand zusammen. Auf dem Dach wurden nur fünf Pflanzpopulationen gefunden. Die Vegetationsdichte beträgt 60%. Beide Parameter liegen mit diesen Werten ebenso unter dem Durchschnitt. Die spärliche Vegetation setzt sich aus *Allium schoenoprasum*, *Sedum album*, *Sedum reflexum*, Moosen und Flechten zusammen. Insgesamt erreichen 90% der Vegetation eine Höhe von maximal 15 cm (siehe Abbildung 34). Weitere 10% erreichen eine Höhe von maximal 30 cm. Trotz des schlechten Vegetationszustands wurden auffällig viele Schmetterlinge und Bienen gesichtet. Nach Angaben der Kontaktperson findet eine unregelmäßige Pflege in Form von Baumentfernungen statt. Es liegt keine Funktion vor. Aus den Parameterwerten ergibt sich ein Vitalitätswert von 4,5.

6.4 Diskussion

Im Folgenden werden die ausgewerteten Ergebnisse miteinander ins Verhältnis gesetzt und mögliche Zusammenhänge betrachtet. Der Zeitraum von 1991 bis 1995 entfällt aus dieser

Bewertung, da eine zu geringe Anzahl der kartierten Dächer einen Vergleich mit den anderen Zeiträumen nicht zulässt und die Zahlen dadurch nicht repräsentativ sind. Kies wird als Begrenzung bei fast jeder Dachbegrünung verwendet, nach einer gewissen Zeit jedoch von den Pflanzen bewachsen. Zwar wurde der Kies aus diesem Grund als Substrat dokumentiert, entfällt aber aufgrund seiner eigentlichen Funktion als Begrenzung dieser Bewertung. Auch die Hochschule mit ihren Messwerten entfällt der Bewertung. Sie kann aufgrund der bewusst herbeigeführten Variation ihrer Parameter zu Forschungszwecken nicht mit den anderen Standorten verglichen werden. Auch Standorte mit lückenhaften Messwerten werden in den jeweiligen Betrachtungen nicht berücksichtigt.

These zum Zusammenhang Baujahr Dach – Substrat

Beim Vergleich der Zeiträume (siehe Abbildung 17) in denen die Gründächer erbaut wurden, zeigen sich klare Tendenzen der verwendeten Substrate für die Vegetationstragschicht. Im Zeitraum von 1996 bis 2001 wurde vorrangig Erde als Substrat für Dachbegrünungen verwendet (20 Dachflächen). Verglichen mit dem Zeitraum von 2002 bis 2018 zeigt sich ein deutlicher Abwärtstrend bei diesem Substrat. Statt Erde (3) wurde vermehrt gebrochener Blähton verwendet (16), der auch im vorherigen Zeitraum recht beliebt war (11). Ziegelbruch hat im Vergleich der beiden Zeiträume an Beliebtheit gewonnen. Von 1996 bis 2001 wurden bei drei Gründachflächen Ziegelbruch verwendet, 2002 bis 2018 waren es bereits neun Dachflächen. Die Anzahl der neu angelegten Grünflächen, bei denen Recyclingbruch verwendet wurde, sank in den Jahren von fünf Flächen auf eine Fläche. Genau umgekehrt verhält es sich bei Blähschiefer. Dessen Verwendung verdoppelte sich. Es lässt sich vermuten, dass eine Verlagerung der präferierten Substrate durch eine ständige Weiterentwicklung der Substrate und ihrer Effektivität zustande kommt und sich auch in den nächsten Jahren durch neue Substrate ändern wird.

These zum Zusammenhang Baujahr Dach – Artenanzahl

Vergleicht man die durchschnittliche Artenanzahl der beiden Zeiträume 1996 bis 2001 (8,4) und 2002 bis 2018 (6,9), wird eine geringfügige Verschlechterung sichtbar. Die Gründe hierfür können vielfältig sein. Zum einen ist die Installationsweise der Gründächer ausschlaggebend, zum anderen die Nachpflege, sowie Fehler bei der Installation und Planung. Auch die verwendeten Materialien, die Ausrichtung und die Pflege wirken sich auf die Entwicklung eines Gründachs aus.

These zum Zusammenhang Anzahl Flechten und Moose – Luftqualität

Aufgrund der hohen Anzahl der dokumentierten Moose und Flechten wird eine gesteigerte Filterfunktion der Luft und damit einhergehend eine verbesserte Luftqualität für die Stadt vermutet. Da nicht alle begrünten Dachflächen kartiert werden konnten und somit kein vollständiger Flächenwert für die Gründächer vorliegt, kann diese Vermutung nur anhand der tatsächlich untersuchten aber verhältnismäßig geringen mit Moosen und Flechten bewachsenen Grünfläche aufgestellt werden. Aus diesem Grund kann keine übermäßige Steigerung der Luftqualität erwartet werden, ist aber in einem geringen Prozentsatz dennoch vorhanden.

These zum Zusammenhang Anzahl Flechten, Moose und Sedum – hohe Vegetationsdichte

Als Grenze für eine hohe Vegetationsdichte werden in dieser Arbeit Werte von 80% bis 100% angesehen. Vermutet wird, dass Moose, Flechten und Sedum für eine effektive Bodenbedeckung verantwortlich sind. Von den insgesamt 87 kartierten Gründachflächen weisen 48 Flächen mindestens zwei dieser drei genannten Pflanzenkategorien auf. Davon wurde auf 32 Flächen eine Vegetationsdichte von über 80% bestimmt. Nur bei der Hälfte der Flächen mit einer Vegetationsdichte von unter 80% (16) treten mindestens zwei dieser drei Pflanzenkategorien auf. Da das Ergebnis für eine eindeutige Bestätigung der These nicht ausreicht, kann diese dennoch nicht widerlegt werden und muss in einer gesonderten Untersuchung näher betrachtet werden.

These zum Zusammenhang Artenanzahl – Vegetationsdichte

Die durchschnittliche Artenanzahl der Pflanzen beträgt 7,6. Der Wert einer hohen Artenanzahl wird bei neun festgelegt. Vermutet wird, dass die Artenanzahl die Vegetationsdichte positiv beeinflusst. Bei der Auswertung der Messwerte ergeben sich bei Flächen mit hoher Artenanzahl nur drei Flächen, die gleichzeitig eine niedrige Vegetationsdichte (unter 80%) aufwiesen. Das bedeutet, dass alle übrigen Flächen mit hoher Artenanzahl (21) eine Vegetationsdichte von mindestens 80% aufweisen.

Andersherum funktioniert dieser Gedanke allerdings nicht, eine hohe Vegetationsdichte bedeutet demnach nicht automatisch eine hohe Artenanzahl. Wird die Anzahl der Flächen mit hoher Vegetationsdichte sowohl in Relation mit der Anzahl der Flächen mit hohem Artenanteil als auch mit der Anzahl der Flächen mit niedrigem Artenanteil gesetzt, wird deutlich, dass es keinen nennenswerten Unterschied und somit keinen Einfluss gibt.

Daraus lässt sich schlussfolgern, dass eine hohe Artenanzahl für einen dichten Bewuchs der Fläche zuträglich ist.

These zum Zusammenhang Vitalität – Vegetationsdichte

Der durchschnittliche Vitalitätswert der Messwerte liegt bei 3,76. Bei dieser Betrachtung werden Vitalitätswerte ab 3,5 und niedriger als gut betrachtet, Vitalitätswerte ab 4,0 und aufwärts als schlecht. Untersucht wird, ob bei Vegetationsbeständen in einem gesundheitlich guten Zustand auch eine dementsprechend hohe Vegetationsdichte vorliegt. Von 37 Flächen in gutem Zustand weisen 30 eine hohe Vegetationsdichte auf. Nur sieben Flächen weisen eine niedrige Vegetationsdichte. Wird die Vitalität anhand der Vegetationsdichte beurteilt, ergeben sich bei 43 Flächen mit hoher Vegetationsdichte insgesamt 30 Flächen mit hoher Vitalität und nur 13 Flächen mit niedriger Vitalität. Folglich bedeutet ein hoher Vitalitätswert auch eine hohe Vegetationsdichte und eine hohe Vegetationsdichte eine hohe Vitalität.

These zum Zusammenhang Artenzahl – Vitalität

Es wird angenommen, dass eine hohe Artenanzahl auch eine hohe Vitalität bedeutet. Die Betrachtung der Messergebnisse zeigt, dass 17 der untersuchten Flächen sowohl eine hohe Artenanzahl als auch eine hohe Vitalität aufweisen. Bei sieben Flächen mit hoher Artenanzahl wurde eine schlechte Vitalität festgestellt. Allerdings weisen die 20 Flächen mit nachgewiesenen niedrigen Artenanzahl ebenfalls eine hohe Vitalität auf. Es kann also von einer hohen Artenanzahl auf eine hohe Vitalität geschlossen werden, von einer hohen Vitalität kann mit den vorliegenden Ergebnissen jedoch nicht auf eine hohe Artenzahl geschlossen werden.

These zum Zusammenhang Lage – Dachzustand

In Neubrandenburg haben nur wenige der untersuchten Gründächer, die auch in diesem Kapitel betrachtet werden, eine direkte Ausrichtung. Somit ergeben sich nur 32 Dachflächen mit Ausrichtung, die aufgrund ihrer geringen Anzahl nicht aussagekräftig genug sind. Wird die Lage der Dächer mit dem Dachzustand verglichen, wird ersichtlich, welche Ausrichtung optimal für ein gesundes und artenreiches Gründach ist. Alle vorangegangenen Zusam-

menhänge ergeben, dass anhand der Artenzahl auf den Gesamtzustand der Dächer geschlossen werden kann. Lediglich die Ostausrichtung mit ausschließlich hoher Artenanzahl lässt auf eine optimale Grundlage für Gründächer schließen.

These zum Zusammenhang Wetter – Vitalität

Wie in Abbildung 35 zu sehen, betrug die Niederschlagsmenge in Neubrandenburg für Juni 31 bis 40 mm und im Juli 31 bis 40 mm. Laut DWD erreichte die Lufttemperatur im Juni einen durchschnittlichen Wert von 16,1°C bis 18°C, im Juli hingegen 20,1°C bis 22°C (siehe Abbildung 36). Es wird vermutet, dass die warmen Temperaturen und die niedrigen Niederschlagswerte sich negativ auf die Vitalität der Gründächer auswirkten und zu einem Durchschnittswert von 3,76 beitrugen.

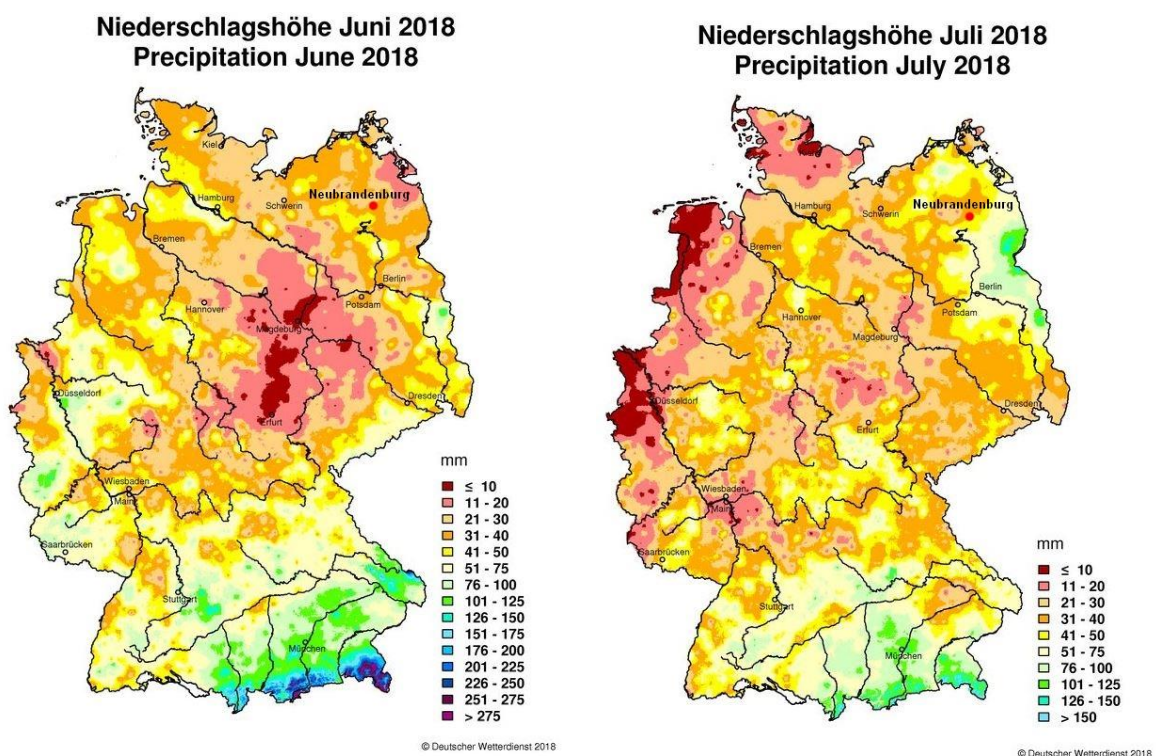


Abbildung 35: Niederschlagshöhe Juni/Juli 2018 (Quelle: DWD 2018)

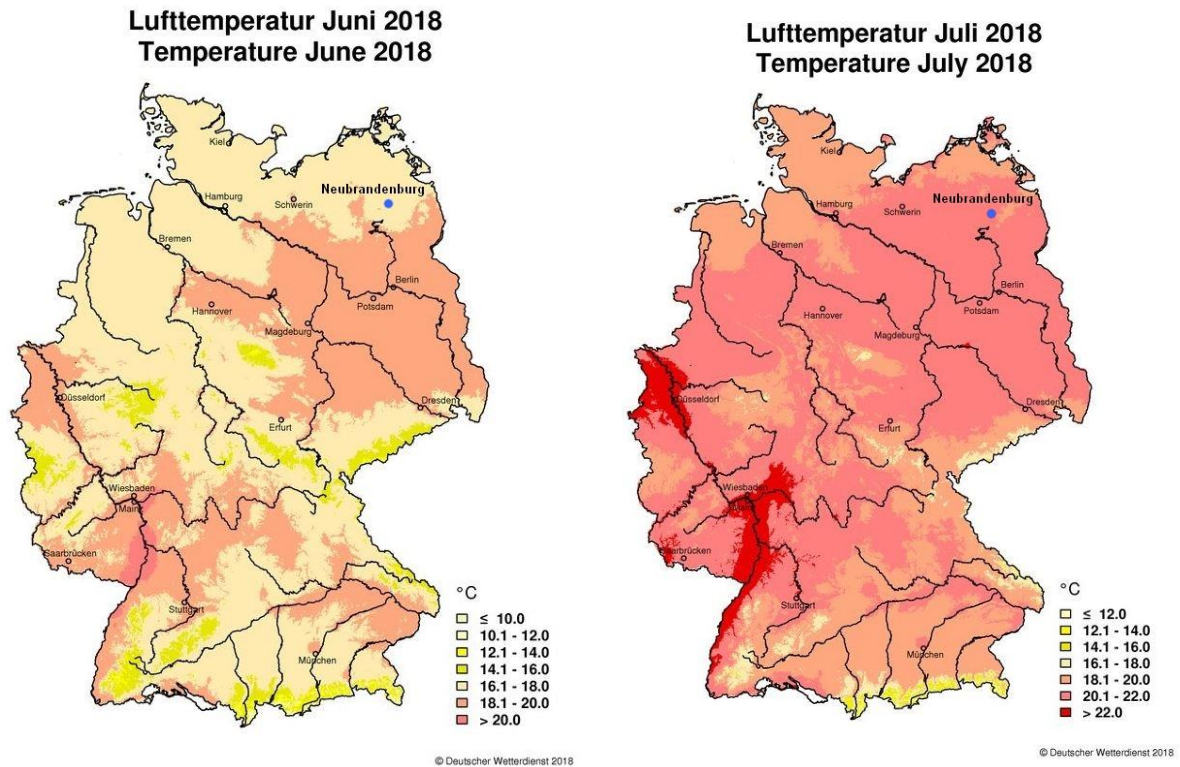


Abbildung 36: Lufttemperatur Juni/Juli 2018 (Quelle: DWD 2018)

Nicht bestätigte Zusammenhänge

Die folgenden Überlegungen wurden nach Auswertung der Ergebnisse als nicht aussagekräftig genug eingestuft und aus diesem Grund nicht weiterverfolgt. Manche Überlegungen erscheinen als zu umfangreich und müssen in eigenen Untersuchungen betrachtet werden. Als nicht aussagekräftig genug ergeben sich die Zusammenhänge zwischen den Baujahren der Dächer und der Vitalität, den Baujahren der Dächer und der Substrathöhe, der Ökologiefunktion der Dächer und ihrer Vitalität, der Naturschutzausgleichsfunktion sowie dem allgemeinen ökologischen Wert der Dächer. Sie wurden als nicht aussagekräftig genug empfunden, da entweder nicht genug Daten für ein eindeutiges Ergebnis zur Verfügung stehen oder sich die Ergebnisse zu sehr gleichen und demnach keine Tendenz zu einem eindeutigen Ergebnis aufweisen. Als zu umfangreich erscheinen die Zusammenhänge zwischen den Substraten und allen anderen Parametern, da jeder einzelne Substrattyp mit sämtlichen Parametern in Relation gesetzt werden muss. Dasselbe gilt für den Zusammenhang zwischen der Art der Pflegemaßnahmen und der Vitalität der Dachflächen.

7 Ausblick

Im Vergleich mit landwirtschaftlichen Flächen bieten die städtischen Grünflächen ein höheres ökologisches Potenzial, da die Stadt als Biotop eine Vielzahl an unterschiedlichen Voraussetzungen erfüllt, um das Ansiedeln zahlreicher Pflanzenarten zu gewährleisten (JIM 2014: 141). Diese erhöhte Vegetationsstruktur erfüllt ein breiteres Spektrum an Ökosystemdienstleistungen und schafft zusätzliche Habitate für Tiere (DOVER 2015: 9). Diese Habitate sind durch die fortschreitende Urbanisierung jedoch in ihrer Existenz bedroht, und somit im Umkehrschluss auch die Tiere, die auf sie angewiesen sind.

Da der Platz in den Städten oft begrenzt ist und verhältnismäßig wenig urbane, ungenutzte Flächen zur Verfügung stehen, stellen Gründächer eine praktische Ausweichmöglichkeit für Mensch, Pflanze und Tier dar.

Im direkten Vergleich mit unbegrüntem Dachflächen sind sie deutlich effektiver in ihrer Wirkung. Sie schützen die Dachabdichtung vor Wetter- und Witterungseinflüssen, verstärken die Funktion von Photovoltaikanlagen, verbessern das Stadtklima, helfen beim Wassermanagement, können als ökologische Ausgleichsflächen genutzt werden und verbessern zudem die Optik des Standorts. Aufgrund dessen sind Gründächer zu einem beliebten Mittel der ökologischen Aufwertung von Stadträumen geworden.

Gründächer haben sich aufgrund der steigenden Nachfrage und sich konkretisierenden Ansprüchen in den letzten Jahren immer weiterentwickelt. Nicht nur der Aufbau von Gründächern ist durchdachter und funktionaler geworden, auch die ästhetischen Gestaltungsmöglichkeiten passen sich immer mehr den Wünschen der Leute an. In der Literatur und auf den Internetseiten bekannter Hersteller und Lieferanten zeigen sich deutliche Tendenzen zu bestimmten Funktionsformen auf. Diese Dachtypen beschreiben die Gründächer vor allem in ihrer Funktion und Wirkungsweise. Sie werden in diesem Kapitel näher betrachtet.

7.1 Urban Farming-Dach

Eine weitere Nutzungsmöglichkeit für Gründächer ist der Anbau von Lebensmitteln. Bekannt unter dem Namen Urban Farming (dt. ‚städtisches Anbauen‘), dient es der Selbstversorgung. Gerade im städtischen Bereich wird die Ernährungssicherheit immer mehr zum Problem (JIM 2014: 148). Um die Aktualität der Problematik aufzugreifen, fordert Jim den

Einbezug der Politik in das Thema (JIM 2014: 148, 150). Er sieht eine mögliche Lösung in der Zusammenarbeit lokaler, regionaler und internationaler Akteure, die eng mit der Politik zusammenarbeiten, um Urban Farming in seiner Reichweite und Wirkung zu stärken und weiterzuentwickeln. Jim sieht nicht nur in der direkten Selbstversorgung vor Ort einen Vorteil (JIM 2014: 148, 150). Weiter wird auch von gesünderen Lebensmitteln und damit einhergehend einer gesünderen Bevölkerung, der Schonung der Umwelt durch verkürzte Transportwege, mehr grünen Flächen in der Stadt und einem verbesserten Sozialwesen innerhalb der Bevölkerung durch gemeinsames Arbeiten und geteilte Gärten gesprochen. Zudem können brachliegende Flächen als zusätzliche Anbauflächen genutzt und neu in den Biotopverbund der Stadt eingebunden werden. Auch zusätzliche lokale Arbeitsplätze können durch die stabilisierte Nahrungsversorgung geschaffen werden (JIM 2014: 148, 150).



Abbildung 37: Urban Farming mit erhöhten und flachen Beeten (Quelle: SCOTT OLSEN Jahr unbekannt)

Durch das hohe Verkehrsaufkommen in der Stadt und das standorttypische innerstädtische Klima sind die Bedingungen zum Anbauen von Nahrung nur bedingt günstig. Abgase und verschmutztes Grundwasser können die Pflanzen belasten und zu Ernteausfall oder kontaminierten Lebensmitteln führen. Um dem vorzubeugen, empfiehlt Dover von den üblichen Bodenbeeten abzuweichen und stattdessen auf erhöhte Beete (siehe Abbildung 37) zu wechseln, deren Pflanzsubstrat aus einer sauberen Umgebung stammt (DOVER 2015: 25). Die Belastung werde somit minimiert. Mit ausreichend Pflege, Bewässerung und Dünger sei selbst Reis anbaubar (DOVER 2015: 207). Der Fakt, dass Gründächer extremen Umwelteinflüssen ausgesetzt sind, muss bei der Wahl der anzubauenden Nahrung beachtet

werden. Auch die Statik der Gebäude entscheidet darüber, welches Objekt für den Anbau geeignet ist (JIM 2014: 148, 150).

7.2 Retentionsdach

Das Problem herkömmlich versiegelter Dachflächen ist, dass sie kein Niederschlagswasser auffangen können und dieses direkt über den Abfluss in das Kanalisationsnetz der Stadt leiten. Den städtischen Wasserkreisläufen geht damit wertvolles Wasser verloren und auch der Grundwasserspiegel sinkt allmählich, da nicht genügend Niederschlagswasser in den Boden eingespeist wird. Um die großen Niederschlagsmengen zu bewältigen, müssen die Kanalisationen für sogenannte Hochwasserspitzen ausgelegt werden. Für normale Niederschlagsmengen sind die Kanäle als Folge oftmals zu groß und werden nur zu wenigen Prozent tatsächlich ausgenutzt. Ein geregeltes Fließverhalten ist somit in den Kanälen nicht möglich. Starke Niederschläge samt Überschwemmungen nehmen durch den Klimawandel stetig zu. Kosten zur Beseitigung der Schäden und für den weiteren Ausbau der Kanalisationssysteme können mit dem Bau von Retentions-Gründächern gesenkt werden.

Das Wort Retention leitet sich vom lat. Wort ‚retinere‘ ab und bedeutet ‚zurückhalten‘. Diese Art des Gründachs kann das Niederschlagswasser in großen Mengen auffangen (bis zu 137 l/m² bei richtigem Aufbau, das entspricht 50 bis 90% der Niederschlagsmenge), zurückhalten und dann über einen verzögerten Abfluss (24 Stunden bis mehrere Tage) an das Kanalisationsnetz abgeben (VFB 2018: 5). Das Retentions-Gründach funktioniert weiterhin wie ein gewöhnliches Gründach, die gesteigerte Wasseraufnahme wird durch Abstandhalter („Spacer“) unterhalb des Begrünungsaufbaus ermöglicht (ZINCO 2018a). Die Auswahl der Vegetation, die Dachneigung, das Porenvolumen und die Höhe der Substratschicht nehmen entscheidenden Einfluss auf das Speichervermögen und die Rückhaltefähigkeit des Retentions-Gründachs. Die direkte Wasserabgabekapazität (Transpiration) und die Evaporation des Niederschlagswassers von der Oberfläche der Substratschicht werden von der Pflanzenauswahl bestimmt. Die Höhe der eingesetzten Vegetation kann sich positiv auf die Retentionsleistung auswirken, da durch höherwüchsige Pflanzen auch eine größere Blattoberfläche zur Verfügung steht und die Transpirationsleistung gesteigert wird. Ein erhöhter Anteil an Wurzelbiomasse kann sich ebenfalls unterstützend auf die Retentionsleistung auswirken (LUNDHOLM, WILLIAMS 2015: 219).

Beim Aufbau des Retentionsdachs ist zudem die Statik des Gebäudes zu beachten, da mehr Wasseraufnahme auch mehr Gewicht bedeutet. Zudem kann nicht beliebig viel Wasser gespeichert werden, da dieses die Wuchsentensität der Vegetation beeinflusst und zu unerwünschten Bestandsveränderungen und einem erhöhten Pflegeaufwand führen kann. Durch den Einsatz von Zisternen kann auf dem Grundstück zusätzlich Wasser gespeichert werden und für die Bewässerung des Gründachs wiederverwendet werden (KOLB 2016: 134).

7.3 Wärmedämmungsdach

Eine regelmäßig gepflegte und ordentlich angelegte Dachbegrünung bringt vielfältige und nachhaltige Vorteile mit sich und wertet ein ansonsten leeres und herkömmliches Dach immens auf (JIM 2014: 261; COMA et al. 2018: 110). Folglich kann ein Gründach viel mehr als ein Dach rein ästhetisch aufbessern, denn es vermag, neben vielen weiteren Verwendungsmöglichkeiten, auch als Wärmedämmung genutzt zu werden (ANSEL et al. 2011: 64). Beispielsweise kann eine moderne Wärmedämmung bei sanierungsbedürftigen Objekten preisgünstig und leicht erreicht werden durch die nachträgliche Installation eines Gründaches. Sogar Gebäude aus den 1970er Jahren werden auf diese Weise auf den neuesten Stand gebracht (ebd. 2011: 72). Bei der Planung der Begrünung ist die schon existierende Wärmedämmung zu berücksichtigen (ANSEL, MEIER 2011: 22). Die Begrünung des Daches hilft, eine weiterhin nutzbare und bereits vorhandene Dämmung zu schützen (ANSEL et al. 2011: 64). Als Grundlage dienen hierfür spezielle Dränelemente, die einen Wärmedurchlasswiderstand zusichern. Die Auswahl ebendieser wird dabei der Wärmeleitfähigkeit der bereits im Dach befindlichen Wärmedämmung angepasst. Je nachdem wie die bestehende Grundwärmedämmung im Gebäude beschaffen ist, kann der Eigentümer durch eine Aufrüstung im Jahr bis zu ein bis zwei Liter Heizöl je Quadratmeter Dachfläche und die damit einhergehenden Kohlenstoffdioxid-Emissionen einsparen. Demnach sind wärmedämmende Gründächer kosteneffizient und tragen zum Klimaschutz bei (ebd. 2011: 72). Zudem sorgt die Nachrüstung für die Erreichung der gesetzlich vorgeschriebenen Wärmedämmwerte. So kann die Energiebilanz des Gebäudes nachhaltig aufgewertet werden. Dies trifft gerade bei kurz vor der Sanierung stehenden und schlecht gedämmten Altbauten zu (ebd. 2011: 64).

Wie eben erwähnt, versprechen Gründächer ihren Beitrag zur Senkung der Treibhausgasemissionen zu leisten. Eine grüne Infrastruktur mit Dachbegrünungen ist in städtischen

Gebieten in den letzten Jahrzehnten beliebter geworden, da sie, wie weiter oben beschrieben, den Energieverbrauch für das Heizen und Kühlen der Gebäude senken (COMA et al. 2018: 109). Diese Energieeinsparungen bei Gebäuden durch die Gründachsysteme verlaufen passiv und können in ihrem Wert durch klimatische Gegebenheiten und die gewählten Pflanzenarten variieren. So ist dafür nicht jede Pflanzenart brauchbar und Typ sowie Ausprägtheit der thermischen Vorteile können sich stark voneinander unterscheiden. Dahingehend haben intensive und semi-intensive Dachbegrünungen die bessere Eignung alleine durch ihre Substratdicke, aber auch durch den Schattenwurf der Blätter von höheren Pflanzenarten. Im Gegensatz zu beispielsweise reinen Sedum-Dächern trifft auf diese Weise weniger Sonnenstrahlung auf die Erdoberfläche, wodurch sie sich weniger erwärmt. Entscheidend scheint für die gesamte thermische Leistung des Gründachs zudem das Substrat zu sein, aber leider herrscht hierbei ein Mangel an Informationen, da die Experimente dazu an verschiedenen geografischen Standorten mit unterschiedlichen Substratmischungen vorgenommen wurden. Es ist daher keine pauschale und verlässliche Aussage möglich (ebd. 2018: 111-113).

Es werden drei Anordnungstypen von Wärmedämmungen bei Dachkonstruktionen unterschieden (KOLB 2016: 28). Sogenannte „Warmdächer“ sind einschalig und druckfest (ANSEL, MEIER 2011: 22). Aufgrund dessen sind sie auch bekannt unter den Namen „einschaliges Dach“ oder „nicht durchlüftetes Dach“ (KOLB 2016: 28). Die Dämmung ebendieser befindet sich direkt unter der Dachabdichtung. Damit ist dieser Typ unproblematisch für eine geplante Dachbegrünung (ANSEL, MEIER 2011: 22). Anders sieht es bei den nächsten beiden Typen aus, denn da ist mehr Aufwand bei der Aufbringung von Dachbegrünungen vonnöten. Als zweites gibt es die „Kaltdächer“, die auch „zweischaliges Dach“ oder „durchlüftetes Dach“ genannt werden (KOLB 2016: 30). Bei dieser Konstruktion gibt es einen belüfteten Hohlraum, der sich zwischen der oberen Schale und der Dämmung befindet. Die obere Schale hat nur eine geringe Tragfähigkeit, das muss bei der Planung besonders beachtet werden. Der dritte Typ ist das „Umkehrdach“, bei dem die Dämmung über der Abdichtung des Daches zu finden und somit Feuchtigkeit ausgesetzt ist (ANSEL, MEIER 2011: 22). Normalerweise befindet sich die Wärmedämmung unter der Dachabdichtung, daher kommt der Name Umkehrdach (KOLB 2016: 31). Ist in diesem Fall eine Dachbegrünung geplant, sollte diese dem „Ausdiffundieren von Wasserdampf aus der feuchten Umkehrdämmung“ (ANSEL, MEIER 2011: 22) nicht im Wege stehen.

Jeder Eigentümer einer Dachbegrünung, insofern sie auf Wärmeschutz ausgelegt ist und professionell sowie ordnungsgemäß angelegt wurde, profitiert von der kühlenden sowie hitzeabschirmenden Wirkung in der warmen Jahreszeit (ANSEL et al. 2011: 64). Die Kühlung der Umgebungsluft um das Gründach herum (aktive Umgebungskühlung) und der Luft im

Gebäude (passive Innenkühlung) wird durch das Gründach gewährleistet (JIM 2014: 262). Ein Hitzestau unter dem Dach in einer Dachgeschosswohnung kann theoretisch bei einem Gebäude mit Dachbegrünung nicht vorkommen. Die Raumklimawerte einer solchen Wohnung sind somit vergleichbar mit denen einer Wohnung im Erdgeschoss (ANSEL et al. 2011: 64). Die Gründächer lassen durch ihre Dämmeigenschaften warme Luft nicht in das Gebäude. Zusätzlich können sie die Lufttemperatur der Umgebung, laut einer Simulation aus Toronto, sogar senken. Dabei wurde ermittelt, dass bereits fünf Prozent Gründächer in der Stadt ausreichen würden, um die Temperatur um einen halben Grad Celsius zu vermindern. Bei hinzukommender Anwendung von Bewässerungen auf den Dachgrünflächen wäre eine Verringerung um bis zu ein bis zwei Grad Celsius möglich. Die Dachbegrünung absorbiert die Wärme an heißen Tagen und speichert sie, um sie in der Nacht oder an bewölkten beziehungsweise regnerischen Tagen wieder abzugeben. Allerdings kann dieser Effekt bei extensiven Dachbegrünungen an sehr warmen Tagen unter bestimmten Umständen nicht gegeben sein. Falls es zu heiß für die Extensivbegrünung des Daches ist, kann das Innere des Gebäudes keinen Nutzen aus den Dämmeigenschaften des Gründaches ziehen und auch die Evapotranspiration sowie die unterirdische Abkühlung wird unterdrückt oder gar zunichtegemacht. Im Winter verhindert die Wärmedämmleistung der Dachbegrünung den Verlust von Innenwärme. Folglich werden in den kalten Monaten Kosten für die künstliche Erwärmung und in den warmen Monaten Kosten für die Kühlung des Gebäudeinneren gespart (JIM 2014: 253f.).

Die einfallende Sonnenstrahlung erwärmt die Oberfläche der Vegetation und des Substrats auf dem Dach. Gleichzeitig wird diese solare Energie von den grünen Pflanzen für die Photosynthese genutzt, um Nahrung und Sauerstoff herzustellen, die Transpiration voranzutreiben um Wasser in Gasform (Wasserdampf) hauptsächlich über die Spaltöffnungen der Blätter freizusetzen und den physikalischen Prozess der Evaporation der Erde einzuleiten. Mithilfe der Transpiration werden effektiv die Blattoberflächen und das Blattgewebe gekühlt. Der Prozess der Evapotranspiration ist nur durch das Vorhandensein von Wasser möglich und der Feuchtigkeitsgehalt im Substrat nimmt in der Hinsicht eine Schlüsselrolle ein. Demzufolge bedeutet das, dass Sonneneinstrahlung in Verbindung mit Wasser eine aktive Kühlung der Dachoberfläche verursacht. Hierdurch beträgt die Temperatur des Daches weniger Grad Celsius als die Umgebungstemperatur (ebd. 2014: 264).

Zusammengefasst bedeutet das, dass die Wärmeaufnahme an warmen Tagen und der Wärmeverlust an kalten Tagen reduziert wird. Die Hitze- und Kälteresistenz eines Gebäudes wird durch die Dachbegrünung gesteigert. Zusätzlich verleiht die Begrünung dem sonst leblosen Dach eine „grüne Haut“ und verbessert damit die Regulierung des Wärmeflusses

sowie der Wärmespeicherung und Wärmeumwandlung. Es kann im Gegensatz zum „leeren“ Dach die Erwärmung der Dachoberfläche und der Umgebungstemperatur durch Evapotranspiration unterdrücken sowie die Wärmezufuhr von außen nach innen drosseln (ebd. 2014: 262f.).

7.4 Intensivdachlandschaften zur Erholung

Diese Bachelorthesis beschäftigt sich zwar mit extensiven Dachbegrünungen, doch an dieser Stelle soll erläutert werden, inwiefern intensive Dachbegrünungen eine Rolle spielen können.

Die Ressource Fläche ist begrenzt und gerade in großen Städten immer weniger sowie komprimierter vorhanden (KOTZEN 2018: 277). Dadurch kommt es oft vor, dass Grünflächen weichen müssen für andere Flächennutzungen, die eine komplette Zerstörung der Flora & Fauna auf diesem Gebiet bedeuten. Um nicht auf Grünflächen und deren Ökosystemdienstleistungen verzichten zu müssen, können auf geeigneten Dächern neben anderen Dachbegrünungsformen auch Intensivdachlandschaften erschaffen werden. Unter diesen Begriff fallen Dachbegrünungen, die zumeist ähnliche Merkmale wie eine Parklandschaft am Erdboden aufweisen. Sie besitzen eine hohe Substratschicht und dahingehend manchmal auch verschiedene Substrate und Substrathöhen um künstlich eine Vielfalt für das menschliche Auge zu schaffen. Zudem können so verschiedene Pflanzen von den Planern eingesetzt werden. Zumeist handelt es sich dabei um Gräser (meist auch in Form von Rasen), Bäume, Sträucher und bunte Blütenpflanzen. Die Vegetation kann bisher, bis auf ganze Waldstücke, Parks am Erdboden fast ganz und gar nachempfunden werden. Verschiedene Strukturelemente, insbesondere Wasserelemente wie zum Beispiel Bäche, Teiche und Wasserbecken, können zusätzlich auf dem Dach installiert werden, wie auf Fusionopolis in Singapur zu sehen ist (WENG 2009: 53). Besucher erkunden nach der Fertigstellung im besten Fall auf angelegten Wegen die Dachlandschaft. Die Erholungslandschaft runden Elemente wie beispielsweise Bänke und Sitzgruppen ab. Dadurch ist es möglich auf dem Dach einen Ruheort zu finden und eine Pause vom stressigen Alltag einzulegen.

Schlussendlich fördern diese speziellen Gründächer damit jedermanns Gesundheit und Wohlfühl. Außerdem werden gute soziale Beziehungen und der soziale Zusammenhalt gestärkt (KOTZEN 2018: 275). Öffentlich begehbare Dachbegrünungen als sozialer Raum und ästhetisches Vergnügen werden in der Zukunft eine immer wichtigere Rolle einnehmen, da unsere Städte stetig größer (im Sinne der Bevölkerung) und hektischer werden. Die

Qualität und der Charakter unserer Umwelt wird daher an Bedeutung gewinnen. Nichtsdestotrotz dürfen deswegen öffentliche Parks nicht aus den Städten verschwinden, da die Dachbegrünungen nicht zu jeder Uhrzeit betretbar sein können und nicht den gleichen Tieren und Pflanzen einen Lebensraum bieten können wie auf dem Erdboden. Der limitierte Zugang in Form von Öffnungszeiten dient dazu in der Nacht Vandalismus und asoziales Verhalten auszuschließen (KOTZEN 2018: 277f.).

7.5 Biodiversitätsdach

Der Gründach-Systemhersteller ZinCo benennt auf seiner Internetseite das Biodiversitätsdach als einen der geläufigen Gründachtypen. Wird Biodiversität in Zusammenhang mit Gründächern gebracht, wird sowohl auf die direkte Artenvielfalt, das Angebot mehrerer Habitate und Biotope, und die genetische Vielfalt Bezug genommen und unter dem Begriff Biodiversitätsdach vereint (KÖHLER, KSIAZEK-MIKENAS 2018: 239). Durch seine naturnahe Gestaltung eignet sich das Biodiversitätsdach als Ausgleichsfläche für stark versiegelte Flächen oder geschädigte Böden. Dadurch bietet es auch der ansässigen Flora und Fauna die nötigen Ersatzlebensräume und kann Eingriffe in das Ökosystem Natur, sowie negative Auswirkungen auf die Schutzgüter Flora und Fauna, teilweise kompensieren. Die Gestaltung des Biodiversitätsdachs spielt dabei eine zentrale Rolle, denn angepflanzte Vegetation in Kombination mit verschiedenen Strukturelementen entscheidet, welche Tiere sich dauerhaft ansiedeln oder das Dach nur zeitweise nutzen. Biodiversitätsdächer werden in der Regel extensiv angelegt, können aber auf allen Gründachformen errichtet werden. Sie können ein bereits vorhandenes Gründach aufwerten und ein vollständig funktionierendes Biotop bilden (ZINCO 2018b).

Diese Funktion ist in den Dachbegrünungsrichtlinien der FLL mit folgenden Worten genau definiert: „Zu den wichtigen ökologischen Funktionen der Dachbegrünung gehört die Schaffung von Bezugsflächen und Lebensräumen für Flora und Fauna“ (FLL 2018: 62). Weiter heißt es, dass eine angereicherte Artenvielfalt auch andere ökologische Funktionen der Gründächer stärken kann. Genannt werden die Retentionsleistung, der Kühlungseffekt und das Filtern von Schadstoffen aus der Luft. Ansel et al. sprechen zudem von der positiven Auswirkung auf das Mikroklima am Standort (ANSEL et al. 2011: 65).

Anzumerken ist, dass das reine Vorkommen von Flora und Fauna auf einem Gründach noch keine direkte Aussage über die Wertigkeit des Gründachs als Ausgleichsfläche oder Biotop trifft. Erst die genaue Untersuchung der Vegetation ermöglicht es, den Standort in

seinem ökologischen Wert als Habitat zu beurteilen. Mann schlussfolgert daraus, dass eine artenreiche Vegetation auch eine vielfältige Fauna bedeutet (MANN 2002: 43).

Biodiversitätsdächer eignen sich nicht nur als dauerhaftes Habit für Tiere, sondern können auch als kurzweilige Station zwischen höherwertigen Lebensräumen dienen oder als Trittsteinbiotope (auch Habitatskorridor [DOVER 2015: 13] genannt) verwendet werden, die umliegende Biotope miteinander verbinden. Die Trittsteinfunktion macht zugleich die völlige Isolation einer Population unmöglich und bewahrt die genetische Vielfalt. Der Verlust der genetischen Vielfalt kann die Stabilität und die Widerstandsfähigkeit ganzer Ökosystems gefährden (KSIAZEK 2014: 104). Ein reger Genfluss hingegen verhindert die genetische Ausdünnung und stärkt Populationen in ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber Umwelteinflüssen (KSIAZEK 2014: 108). Der durch diese Korridore geschaffene Austausch untereinander verspricht nicht nur das Überleben von Populationen, sondern ermöglicht ihnen auch Zugang zu lebensnotwendigen Ressourcen. Auch das jahreszeitlich bedingte Wanderungsverhalten wird unterstützt.

Oftmals werden Biodiversitätsdächer von Tieren als Ersatzlebensraum bei Störungen aufgesucht oder dienen als Fluchtweg. Eine spätere Rücksiedlung in den ursprünglichen Lebensraum ist nicht auszuschließen (MANN 2002: 43f.). Befinden sich mehrere Gründächer in unmittelbarer Nähe, können sie sich zu einer heterogenen Gründach-Gemeinschaft zusammenschließen und die Populationsgrößen erhöhen und stabilisieren (KSIAZEK 2014: 107, 196). Um ihre Funktion als Trittsteinbiotope zu optimieren, empfiehlt es sich Gründach-Verbunde in der Nähe großer Grünflächen anzulegen.

Aufgrund des erhöhten Standorts bleibt der Zugang zum Extrembiotop Gründach meist den mobilen Tierarten vorbehalten. Eine Ausnahme bilden Tiere, die beim Anlegen bewusst mit angesiedelt wurden. Ein weiteres charakteristisches Merkmal für Biodiversitätsdächer ist die hohe Besiedlungsdynamik durch ständiges Ein- und Abwandern der Tiere, sowie der Zusammenbruch der angesiedelten Populationen bei Durchfrieren des Substratbodens im Winter. Mit steigenden Temperaturen beginnt für gewöhnlich die Neuansiedlung (MANN 2002: 44). Wird die Substratschicht bewusst höher angelegt, können sich die im Boden lebenden Organismen in frostfreie Bereiche zurückziehen und sind dort zusätzlich vor ausgeprägter Trockenheit oder anderen Temperaturschwankungen geschützt.

Werden auf Biodiversitätsdächern bewusst verschiedene Strukturelemente und Bereiche unterschiedlicher Ausprägung (extensiv, intensiv) angeboten, kann sich eine Bandbreite unterschiedlicher Tierarten ansiedeln. Neben Spinnentieren *Arachnida* (Spinnen), Weichtieren *Mollusca* (Schnecken), Insekten *Insecta* (Bienen, Wespen, Ameisen) und größeren bodenbildenden Arten (Regenwürmer, Tausendfüßer, Asseln) sind auch Wirbeltiere wie

Vögel mögliche Anwohner. Bereiche mit Intensivbegrünung dienen der Nahrungssuche und können zudem als Brutplatz genutzt werden.

Zu den bekanntesten Strukturelementen zählen der Einsatz von Totholz, Variationen in der Substrathöhe und dem verwendeten Substrat selbst, Wasserflächen, das Ausbringen krautiger Pflanzen sowie Insekten-Nisthilfen und vegetationsfreie Bereiche (Sandlinsen, Kiesbeete).

Substrat-Anhügelungen bieten wichtige Lebensräume. Anspruchsvolleren Pflanzen wird somit mehr Wurzelraum zur Verfügung gestellt und das Artenspektrum kann sich erweitern (DDV 2017: 6). Vegetationsfreie Bereiche dienen vor allem Insekten und Spinnentieren als Versteck, Brut- und Sonnenplatz. Die Wasserflächen sind oftmals durch Schutzfolien vom Wurzelraum der Pflanzen getrennt und dienen eher der Wasserversorgung der Tiere. Totholz erfüllt zwei wichtige Funktionen. Es dient Insekten und Spinnentieren als Lebensraum, und wird von Vögeln als Ansitzplatz, Singwarte und Nahrungsbiotop verwendet (DDV 2017: 11).

Anpflanzungen sollten so gewählt werden, dass ganzjährig Pollen und Blütennektar als Nahrung zur Verfügung stehen (DOVER 2015: 209). Um gezielt die faunistische Artenvielfalt zu unterstützen, ist es ratsam auf Funktions- und Strukturvielfalt bei den Pflanzen zu achten. Ist eine vielfältige Vegetation vorhanden, bietet sich auch den seltenen und spezialisierten Tierarten mehr Lebensraum und Nahrung.

Die Idee des Biodiversitätsdachs wurde bereits in vielfacher Ausführung umgesetzt. Nachfolgend werden drei Beispiele in ihrer Umsetzung näher betrachtet.

An der Hochschule Neubrandenburg wurde die Gründachfläche des Fachbereichs Landschaftswissenschaften und Geomatik im Rahmen des studentischen Projekts ‚Steigerung der Biodiversität auf Gründächern‘ unter der Leitung von M.Sc. Daniel Kaiser in einem Versuchsaufbau mit Strukturelementen zur Artenanreicherung versehen (siehe Abb. 38). Die durchgeführten Maßnahmen umfassen Sandlinsen, eine Wasserfläche, mehrere Insekten-Nisthilfen, die Bildung eines Reliefs durch unterschiedliche Substrathöhen, Sträucher und der Einsatz von Totholz. Ergebnisse zu diesem Projekt liegen noch nicht in ausgewerteter Form vor.



Abbildung 38: Elemente für die Steigerung der Biodiversität im Rahmen des Hochschul-Projektes (Quelle: eigene Abbildung 2018)

Ein zweites Projekt, das sich mit der Idee der Biodiversitätsanreicherung auf Gründächern beschäftigt, ist der Bau des Biodiversitätsdachs auf dem Besucherzentrum der Internationalen Gartenausstellung (IGA) Berlin im Jahr 2017. Ziel war die gezielte Förderung der Biotop-Funktion des Dachs unter Berücksichtigung grundlegender Biodiversitätsprinzipien und dem Einsatz von verschiedenen Gestaltungsmaßnahmen (siehe Abbildung 39). In Zusammenarbeit mit dem Deutschen Dachgärtnerverband e.V. (DDV), dem Gründachsystem-Hersteller ZinCo, dem Dachbegrünungsunternehmen fair-plants-systems GmbH und anderen Unternehmenspartnern wurden auf dem Dach verschiedene Biodiversitätsmodule installiert (DDV 2017: 4). Das Biodiversitätsdach soll dem DDV in Zukunft als Referenzprojekt dienen. Neben herkömmlichen Strukturelementen wie Substrat-Anhügelungen, temporären Wasserflächen, vegetationsfreien Bereichen, Insekten-Nisthilfen und Totholz wurde das sonst nährstoffarme und mineralische Substrat mit organischen Substraten ergänzt, um dem Bedarf anspruchsvollerer Pflanzen zu decken. Die Pflanzenauswahl wurde so getroffen, dass Insekten und Vögeln ein vielfältiges Angebot an Futterpflanzen zur Verfügung steht. Zugleich soll die Vegetation eine artenreiche Bienenweide bilden. Bereits in der Anfangsphase verzeichnete das Dach 70 Arten. Ermöglicht wurde das durch die Kombination von Saatgut und Flachballenstauden bei der Ausbringung des Pflanzguts (DDV 2017: 12f.).



Abbildung 39: Biodiversitätsdach auf dem Besucherzentrum der IGA Berlin 2017 (Quelle: DDV 2017)

Ein ausgearbeitetes Pflege- und Monitoringkonzept soll den dauerhaften Erhalt des IGA Biodiversitätsdachs gewährleisten und somit auch die Lebensraumfunktion und die Dachkonstruktion selbst schützen. Das Monitoring wird von der Technischen Universität Berlin (Institut für Ökologie, Nachwuchsgruppe RuralFutures, Dr. Ina Säumel, Elizabeth Ahner) geleitet (DDV 2017: 15).

Auch das Dach der California Academy of Sciences in San Francisco wurde nach dem Konzept des Biodiversitätsdachs aufgerüstet. Hauptaugenmerk lag hierbei vor allem bei der Artenanreicherung. Die deutlichste Besonderheit des Daches ist seine hügelige Form (siehe Abbildung 37). Insgesamt wurden neun Pflanzenarten ausgebracht, die keiner zusätzlichen Bewässerung bedürfen. Die Arten wurden mit Bedacht gewählt und erfüllen jeweils eine entsprechende Funktion. *Fragaria chiloensis*, die Chile-Erdbeere, lockt mit ihren Früchten einheimische Vögel an und dient ihnen als Nahrungsquelle. Die großen, köcherförmigen Blüten der *Prunella vulgaris* wirken besonders auf Kolibris und Hummeln anziehend. Den Ansprüchen von Schmetterlingen und Motten wird *Armeria maritime* gerecht. Um den gefährdeten San-Bruno-Elfin-Schmetterling in der Nahrungssuche zu unterstützen, wurde zusätzlich *Sedum spathulitholium* gepflanzt. Um die Vegetation vor Schädlingen zu schützen, werden Raubwanzen und Schlupfwanzen gezielt durch die Anpflanzung von *Layia platyglossa* gefördert. *Lupinus bicolor* und *Eschscholzia californica* wirken besonders attraktiv auf Schmetterlinge und Bienen. Auch andere einheimische Insekten werden durch die letzten beiden Pflanzenarten, *Plantago erecta* und *Lasthenia californica*, in ihrem Fortbestehen unterstützt und dienen ihnen als Nahrungsquelle (Kephart 2009: 19). Laut Internetseite des Instituts ist das Dach in seiner Funktion erfolgreich.



Abbildung 40: California Academy of Sciences in San Francisco (Quelle: inhabitat 2018)

7.6 BIM

Die Abkürzung BIM steht für Building Information Modelling und ist ein Programm für den Computer, womit ein „umfassendes digitales Abbild eines Bauwerks mit großer Informativtiefe“ (BORRMANN et al. 2015: 4) erstellt werden kann. Es ist eng verbunden mit dem Trend „zur Umsetzung modellbasierter Projektentwicklung“ (BAUMGÄRTEL et al. 2011: 17) in der Bauindustrie und umfasst neben der Umsetzung und Projektplanung auch das Lebenszyklus-Management (ebd. 2011: 17). Zudem bestehen durch die BIM-Methode „viel tiefgreifender [sic] Möglichkeiten zur Computerunterstützung bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken“ (BORRMANN et al. 2015: 3). Die Besonderheit besteht darin, dass die Bauwerksinformationen in diesem Fall nicht in den Zeichnungen hinterlegt, „sondern in Form eines umfassenden digitalen Bauwerksmodells erstellt, vorgehalten und weitergegeben werden“ (ebd. 2015: 3). Durch BIM können dreidimensionale Modelle eines Bauprojektes verwaltet und die Ausführungszeiten über den kompletten Lebenszyklus sowie die Informationen zu den Kosten hinterlegt werden, was in der Baupraxis als fünfdimensionales Modelling bezeichnet wird (BAUMGÄRTEL et al. 2011: 17). Bei den bisherigen zweidimensionalen CAD-Programmen konnten zum Beispiel „Inkonsistenzen zwischen Grundriss und Schnitten vom Computer nicht erkannt und keine 3D-Visualisierungen erzeugt werden“ (BORRMANN et al. 2011: 33). Außerdem war es bislang vonnöten bei den meisten Simulationen und Analysen die gesamten geometrischen Daten erneut einzugeben (ebd. 2011: 33).

Da dies nun nicht länger notwendig ist, „werden aufwändige und fehleranfällige Arbeiten vermieden und ein Zuwachs an Produktivität und Qualität erzielt“ (ebd. 2015: 3). Am Ende der neunziger Jahre entstand eine neue Generation von Planungswerkzeugen, die zunehmend an Bedeutung gewinnen. Sie basieren auf einem Bauwerksinformationsmodell. Das offenkundigste Merkmal besteht in der „dreidimensionale[n] Modellierung des Bauwerks, die das Ableiten von konsistenten 2D-Plänen für Grundrisse und Schnitte ermöglicht“ (ebd. 2011: 33; ebd. 2015: 5). Im Gegensatz zu den reinen dreidimensionalen Modellierern bieten die BIM-Entwurfswerkzeuge einen Katalog an, der bauspezifische Objekte beinhaltet (ebd. 2011: 33). Durch BIM können verschiedene Simulations- und Analysewerkzeuge Anwendung finden, Bauwerke aus Bauteilobjekten modelliert werden und DIN-gerechte Pläne generiert werden (ebd. 2011: 34). Die Möglichkeit zur Weitergabe der Gebäudeinformationen an die Betreiber und die Steuerung des Bauablaufs sind durch das Programm immens verbessert worden (ebd. 2015: 3).

Bei den Untersuchungen der Gründachflächen in Neubrandenburg wurde mehrmals von den Ansprechpartnern angemerkt, dass das Endresultat der Gründachinstallation, bezogen auf die Vegetation, nicht zufriedenstellend ist. In diesen Fällen ist die Vegetation lückenhaft, schlecht angewachsen oder teilweise frühzeitig abgestorben. Zu den Bauvorgängen der Gründächer wurden den Eigentümern keine Informationen mitgeteilt. Infolgedessen wissen die wenigsten Besitzer über ihr Gründach Bescheid. Diese Fehlstände im Wissen zeigten sich auch bei der Beantwortung der Fragen für den Datensatz. Durch BIM können die individuellen Planungen zu den Dachbegrünungen besser veranschaulicht werden und planungsspezifische Informationen an die Besitzer übermittelt werden, wodurch der Eigentümer einen stärkeren Bezug zum eigenen Gründach entwickeln kann.

8 Resümee

Die Überprüfung von Prof. Dr. Manfred Köhlers Auflistung zu Gründachstandorten in Neubrandenburg wurde erfolgreich durchgeführt. Seine Liste wurde um weitere Standorte ergänzt. Die Untersuchungen wurden zudem von Gründachstandorten auf die einzelnen Gründachflächen ausgeweitet. Zur vorgegebenen Liste wurden weitere Parameter hinzugefügt. Das angestrebte Gründachregister wurde in Form des Datensatzes (Tabelle) angefertigt. Auch der Ausblick zu den verschiedenen Gründachnutzungstypen wurde gegeben. Überlegungen zur Biotopanreicherung der Gründächer in Hinblick auf die Biodiversität wurden im Rahmen dieser Arbeit angestellt.

Die Vollständigkeit des Datensatzes kann nicht gewährleistet werden, da mögliche Standorte über Google Maps auffindig gemacht wurden und dieses bei näherer Betrachtung eine zu schlechte Auflösung bietet. Eine vollständige Begehung der Stadt zur Suche fehlender Gründachstandorte war in der vorgegebenen Bearbeitungszeit von 16 Wochen nicht möglich. Da nicht alle Versuche der Kontaktaufnahme mit den Gründachbesitzern erfolgreich waren, konnten nicht alle Gründachflächen untersucht werden. Jedoch wurden sie im Datensatz vermerkt, um diesen möglichst zu vervollständigen und um eine erneute Kontaktaufnahme bei späterem Bedarf zu erleichtern.

Die Untersuchungen zeigten, dass sich Neubrandenburgs Gründachflächen in einem verhältnismäßig schlechten Zustand befinden. Den Berechnungen zufolge ist der Vitalitätswert im Durchschnitt recht niedrig. Zudem wurde festgestellt, dass nur selten und unregelmäßig Pflegemaßnahmen durchgeführt werden. Würden diese öfter und intensiver durchgeführt, kann eine höherer ökologische Wertigkeit der Flächen erwartet werden. Weiterhin verfügt Neubrandenburg über eine hohe Anzahl geeigneter Dachflächen, die zu Gründächern aufgerüstet werden können. Dieses Potential bleibt bislang jedoch weitestgehend ungenutzt. Bei Gesprächen mit Anwohnern wurde ersichtlich, dass ein Bewusstsein für eine mögliche Steigerung der Lebensqualität durch korrekt angelegte Dachbegrünungen oftmals fehlt. Auch der Wissensstand zu eigenen Dachbegrünungen war häufig mangelhaft. Durch eine bessere Aufklärung der Bevölkerung und entsprechenden Subventionen kann dem entgegengewirkt werden und sogar dazu führen, dass in Zukunft das Potenzial der ungenutzten Dachflächen mehr genutzt wird. Durch die angestellten Überlegungen zur Biotopanreicherung konnten den Gründachbesitzern bereits Anregungen zur Verbesserung des Zustandes ihrer Gründachflächen gegeben werden. Ob diese tatsächlich umgesetzt werden, wird sich in den kommenden Jahren zeigen.

9 Danksagung

Unsere Untersuchungen zu den extensiven Gründachflächen in Neubrandenburg haben viel Zeit in Anspruch genommen. Zeit, die wir mit vielen hilfsbereiten und überaus freundlichen Menschen verbringen durften. Entgegen unserer Erwartungen begegneten uns Anwohner und Eigentümer mit Herzlichkeit und einem regen Interesse am Thema unserer Abschlussarbeit. Wir möchten uns deshalb an dieser Stelle bei all diesen Menschen recht herzlich bedanken. Ohne ihre Mithilfe wäre das Gründachregister niemals zustande gekommen.

Unser ausdrücklicher Dank gilt daher:

Prof. Dr. Manfred Köhler & M.Sc. Daniel Kaiser

Dipl.-Biol. Bärbel Zander

Julia Nothacker & Karsten Andrae

Thimo Köhler

Eiscafé Venezia

Evangelische Schule St. Marien & Herrn Bönsch

NEUWOBA und der NEUWOGES

Dreikönigshospiz GmbH

Diakoniewerk Kloster Dobbertin Haus auf dem Lindenberg

Dr. Eckelt

Lindenpark Einkaufszentrum

Deutschen Rentenversicherung Nord

Haveg Immobilien GmbH & Herr Russow

Behindertenverband Neubrandenburg e.V.

Neubrandenburger Stadtwerke GmbH

Rathaus Neubrandenburg

Sparkasse Neubrandenburg-Demmin

Dussmann Service

Katholische Kindertagesstätte St. Nikolaus.

Leitstelle der Berufsfeuerwehr Neubrandenburg & all ihren freundlichen und hilfsbereiten
Angestellten

Neubrandenburg-Filiale der Deutschen Bundesbank

Verwaltungsgesellschaft ambulante Medizin GmbH Neubrandenburg

Marktplatzcenter Neubrandenburg

IHK Neubrandenburg

NDR

Einrichtungsmarkt POCO

Zollamt Neubrandenburg

Phillip Warnke

Dietrich-Bonhoeffer-Klinikum

und

Familie Busch, Cichowski, Kirchner, Köhn, Krügel, Kruse, Helmke und Merkel.

10 Verzeichnisse

10.1 Literaturquellen

ALMUSAED, A. (Hrsg.) (2011): Biophilic and Bioclimatic Architecture – Analytical Therapy for the Next Generation of Passive Sustainable Architecture. Springer-Verlag, London. S. 196

ANSEL, W. (2010): Symbiose von Technik und Ökologie – Dachbegrünung in der modernen Städtearchitektur. In: Ernst & Sohn-Special (Hrsg.): Flachdächer. Juli 2010. Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin. S. 45

ANSEL, W., BAUMGARTEN, H., DICKHAUT, W., KRUSE, E. & MEIER, R. (Hrsg.) (2011): Leitfaden Dachbegrünung für Kommunen. Nutzen – Fördermöglichkeiten – Praxisbeispiele. Deutscher Dachgärtner Verband e. V. (DDV), Nürtingen. S. 64f., 72

ANSEL, W. & MEIER, R. (2011): DDV-Praxisratgeber. Das 1 x 1 der Dachbegrünung. Deutscher Dachgärtner Verband e.V. (DDV), Nürtingen. S. 17f., 21-23, 33f., 37

BAUMGÄRTEL, T., BORRMANN, A., GÜNTNER, W. A., JULI, R., KLAUBERT, C., LEDERHOFER, E., MACK, J. & WILLBERG, U. (2011): Bauen heute und morgen. In: Günthner, W. A. & Borrmann, A. (Hrsg.): Digitale Baustelle – innovativer Planen, effizienter Ausführen. Werkzeuge und Methoden für das Bauen im 21. Jahrhundert. Springer, Heidelberg. S. 17.

BORRMANN, A., KÖNIG, M., KOCH, C. & BEETZ, J. (2015): Building Information Modeling. Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. Springer, Wiesbaden. S. 3-5

BORRMANN, A., LIEBICH, T. & JULI, R. (2011): Building Information Modeling – eine Begriffserklärung. In: Günthner, W. A. & Borrmann, A. (Hrsg.): Digitale Baustelle – innovativer Planen, effizienter Ausführen. Werkzeuge und Methoden für das Bauen im 21. Jahrhundert. Springer, Heidelberg. S. 33f.

COMA, J., PÉREZ, G. & CABEZA, L. F. (2018): Green Roofs to Enhance the Thermal Performance of Buildings and Outdoor Comfort. In: Pérez, G. & Perini, K. (Hrsg.): Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability. Butterworth-Heinemann, Elsevier. S. 109-113.

- DOVER, J. W. (2015): Green Infrastructure. Incorporating plants and enhancing biodiversity in buildings and urban environments. Routledge, Taylor & Francis Group, Earthscan from Routledge, London, New York. S. 9, 13, 25, 185f., 207-209
- DUNNETT, N. & KINGSBURY, N. (2004): Planting Green Roofs and Living Walls. Timber Press, Portland (Oregon, USA). S. 72-76, 81f.
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDESENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU E.V. (Hrsg.) (2018): Dachbegrünungsrichtlinien – Richtlinien für Planung, Bau und Instandhaltung von Dachbegrünungen. FLL, Bonn. S. 22, 24, 62
- JIM, C. Y. (2014): Green roof energetics: systematic organization and integration of knowledge. In: Briz, J., Köhler, M. & de Felipe, I. (Hrsg.): Green cities in the world. Editorial Agricola Española, Madrid. S. 253f., S. 261-264
- KEPHART, P. (2009): Ökologisches Gebäudedesign mit Dachbegrünung. In: Appl, R., Meier, R. & Ansel, W. (2009): Dachbegrünung in der modernen Städtearchitektur. Tagungsband: Internationaler Gründach-Kongress 2009. International Green Roof Association e.V. (IGRA), Berlin. S. 19
- KÖHLER, M. (2002): Vegetationsentwicklung auf extensiv begrünten Dachflächen. In: Bundesverband Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau e.V. (BGL) (Hrsg.): Jahrbuch Dachbegrünung. Thalacker Medien, Braunschweig. S. 34f.
- KÖHLER, M. & KSIAZEK-MIKENAS, K. (2018): Green Roofs as Habitats for Biodiversity. In: Pérez, G. & Perini, K. (Hrsg.): Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability. Butterworth-Heinemann, Elsevier. S. 246, 239
- KOLB, W. (2016): Dachbegrünung. Planung Ausführung Pflege. Ulmer, Stuttgart. S. 28, 30f., 33, 38-40, 42f., 45, 49, 94, 134
- KOTZEN, B. (2018): Green Roofs Social and Aesthetic Aspects. In: Pérez, G. & Perini, K. (Hrsg.): Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability. Butterworth-Heinemann, Elsevier. S. 275, 277f.
- KSIAZEK, K. (2014): The potential of green roofs to support urban biodiversity. In: Briz, J., Köhler, M. & de Felipe, I. (Hrsg.): Green cities in the world. Editorial Agricola Española, Madrid. S. 104, 107f., 196
- LIESECKE, H.-J., KRUPKA, B., LÖSKEN, G. & BRÜGGEMANN, H. (1989): Grundlagen der Dachbegrünung. Zur Planung, Ausführung und Unterhaltung von Extensivbegrünungen und Einfachen Intensivbegrünungen. Patzer, Berlin. S. 57

- LUNDHOLM, J. T. & WILLIAMS, N. S. G. (2015): Effects of Vegetation on Green Roof Ecosystem Services. In: Sutton, R. K. (Hrsg.): Green Roof Ecosystems – Ecological Studies 223. Springer, Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London. S. 219
- MANN, G. (2002): Lebensformen auf dem Gründach. In: Bundesverband Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau e.V. (BGL) (Hrsg.): Jahrbuch Dachbegrünung. Thalacker Medien, Braunschweig. S. 43f.
- MANN, G. (2012): Vegetationstechnik. In: Manfred Köhler (Hrsg.): Handbuch Bauwerksbegrünung – Planung – Konstruktion – Ausführung. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln. S. 55
- PÉREZ, G. & COMA, J. (2018): Green Roofs Classifications, Plant Species, Substrates. In: Pérez, G. & Perini, K. (Hrsg.): Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability. Butterworth-Heinemann, Elsevier. S. 70f.
- ROTH-KLEYER, S. (2002): Was Dachsubstrate leisten müssen. In: Bundesverband Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau e.V. (BGL)(Hrsg.): Jahrbuch Dachbegrünung. Thalacker Medien, Braunschweig. S. 74
- SNODGRASS, E. C. & SNODGRASS, L. L. (2006): Green Roof Plants – A Resource and Planting Guide. Timber Press Inc., Portland (Oregon, USA). S. 33f., 47, 50, 52f., 56, 58, 61, 225
- WENG, H. W. (2009): Fusionopolis, Singapur – Aus der Perspektive eines Dachbegrüners. In: Appl, R., Meier, R. & Ansel, W. (2009): Dachbegrünung in der modernen Städtearchitektur. Tagungsband: Internationaler Gründach-Kongress 2009. International Green Roof Association e.V. (IGRA), Berlin. S. 53.

10.2 Internetquellen

- DEUTSCHER DACHGÄRTNER VERBAND E.V. (DDV) (Hrsg.) (2017): Lebensraum Gründach – Biodiversitätsdach auf dem Besucherzentrum der IGA 2017. Nürtingen. Online verfügbar: http://dachgaertnerverband.de/aktuelles/images_dynamic/DDV-Biodiversitaets-Gruendach-IGA-2017_234.pdf, zuletzt geprüft am 12.08.2018, S. 4, 6, 11-13, 15
- DWD (Hrsg.) (2018): Niederschlagshöhe Jahr 2016. Online verfügbar: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimakartendeutschland/klimakartendeutschland.html?nn=480164>, zuletzt geprüft am 12.08.2018

NORDKURIER (Hrsg.) (2018): Einwohnerzahl von Neubrandenburg steigt. Online verfügbar: <https://www.nordkurier.de/neubrandenburg/einwohnerzahl-von-neubrandenburg-steigt-0430865601.html>, zuletzt geprüft am 12.08.2018

OPTIGRÜN (Hrsg.) (2018): Begrünungsarten: Extensive und intensive Dachbegrünung. Online verfügbar: <https://www.optigruen.de/planerportal/fachthemen/extensivintensiv/>, zuletzt geprüft am 01.04.2018

VERBAND FÜR BAUWERKSBEGRÜNUNG (VfB) (Hrsg.) (2018): Grundlagen der Dachbegrünung. Wien. Online verfügbar: <http://docplayer.org/27802634-Grundlagen-der-dachbegrue-nung.html>, zuletzt geprüft am 01.04.2018

ZINCO (Hrsg.) (2018a): Retentions-Gründach. Online verfügbar: <https://www.zinco.de/systeme/retentions-gruendach>, zuletzt geprüft am 01.04.2018

ZINCO (Hrsg.) (2018b): Biodiversitätsdach. Online verfügbar: <https://www.zinco.de/systeme/biodiversitaet%C3%A4tsdach>, zuletzt geprüft am 01.04.2018

10.3 Abbildungsquellen

Abbildung 1: GEOPORTAL.MV (Hrsg.) (2018): Online verfügbar: <https://www.geoportal-mv.de/gaia/gaia.php>, zuletzt geprüft am 03.08.2018

Abbildung 2: ECOBINE (Hrsg.) (2018): Klimazonen der Erde. Online verfügbar: <http://www.ecobine.de/indexc.php?id=2.2.2&SESSID=&kurs=9&l=de>, zuletzt geprüft am 12.08.2018

Abbildung 3: METEOBLUE (Hrsg.) (2018): Durchschnittliche Temperaturen und Niederschlag. Online verfügbar: https://www.meteoblue.com/de/wetter/vorhersage/modelclimate/berlin_deutschland_2950159, zuletzt geprüft am 12.08.2018

Abbildung 4: DWD (Hrsg.) (2018): Niederschlagshöhe Jahr 2017. Online verfügbar: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimakartendeutschland/klimakartendeutschland.html?nn=480164>, zuletzt geprüft am 11.08.2018

Abbildung 5: DWD (Hrsg.) (2018): Lufttemperatur Jahr 2017. Online verfügbar: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimakartendeutschland/klimakartendeutschland.html?nn=480164>, zuletzt geprüft am 11.08.2018

Abbildung 7: FBB (Hrsg.): Immer mehr Gebäude erhalten einen grünen Deckel wie im Falle dieser Berliner Klinik. In: ecowoman (2018): Dachbegrünung verbessert die Wohnqualität und schafft Mehrwerte. Online verfügbar: https://www.ecowoman.de/images/gallery/33/original/Bild4_Dachgarten_FFB.jpg, zuletzt geprüft am 13.08.2018

Abbildung 8: KOLB, W. (Hrsg.) (2018): Schichtenaufbau von Gründächern am Beispiel eines Warmdaches auf Stahlbeton-Tragkonstruktion. Ulmer, Stuttgart. S. 38

Abbildung 35: DWD (Hrsg.) (2018): Niederschlagshöhe Juni/Juli 2018. Online verfügbar: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimakartendeutschland/klimakartendeutschland.html?nn=480164>, zuletzt geprüft am 11.08.2018

Abbildung 36: DWD (Hrsg.) (2018): Lufttemperatur Juni/Juli 2018. Online verfügbar: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimakartendeutschland/klimakartendeutschland.html?nn=480164>, zuletzt geprüft am 11.08.2018

Abbildung 37: SCOTT OLSON (Hrsg.): An urban farm on the former site of Chicago's Cabrini-Green housing complex. In: Vox (2016): The real value of urban farming. (Hint: It's not always the food.). Online verfügbar: https://cdn.vox-cdn.com/uploads/chorus_asset/file/6473487/127720629.jpg, zuletzt geprüft am 13.08.2018

Abbildung 39: DDV (Hrsg.) (2017): Online verfügbar: http://dachgaertnerverband.de/aktuelles/images_dynamic/DDV-Biodiversitaets-Gruendach-IGA-2017_234.pdf, zuletzt geprüft am 12.08.2018

Abbildung 40: INHABITAT (Hrsg.) (2018): Online verfügbar: <https://www.inhabitat.com/wp-content/uploads/caacademydeyoung.jpg>, zuletzt geprüft am 12.08.2018

11 Anhang

Der Anhang befindet sich auf dem beigelegten Datenträger.

Er enthält:

- Datensatz (Tabelle)
- Eigene Fotos der Kartierungen und Werkzeuge
- Ausgangs- und Endkarten der jeweiligen Standteile
- QGIS-Dateien der Ausgangs- und Endkarten
- Diagramme zum Datensatz

12 Eidesstattliche Erklärung

Wir, Marika Victoria Richter und Sarah Köhler, erklären hiermit am Eides Statt, dass wir die vorliegende Bachelor-Arbeit mit dem Thema „Vergleich extensiver Dachbegrünungen in Neubrandenburg mit Überlegungen zur Biotopanreicherungen“ selbständig und ohne Benutzung anderer als angegebenen Hilfsmittel gefertigt haben; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher und ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Ort, Datum

Unterschrift: