

Jessica Donau

**Forschungsprojekt: Gründach:**  
**Kosten und Nutzen von Gründächern**

---

Matrikelnummer: 47 929 56  
Architektur Diplom  
6. Fachsemester  
PRO\_WissA Sommersemester 2022  
Eingereicht: 11.07.2022



# 1 Inhalt

<b>1</b>	<b>Inhalt .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Problemstellung .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Grundlagen Gründächer .....</b>	<b>6</b>
3.1	Notwendigkeit von Gründächern .....	6
3.2	Baukonstruktive Unterscheidung .....	7
3.2.1	Dacharten .....	7
3.2.2	Begrünungsarten .....	9
<b>4</b>	<b>Investitionskosten .....</b>	<b>11</b>
4.1	Allgemein .....	11
4.2	Materialität/Funktionalität der Schichten .....	11
4.2.1	Substrat .....	11
4.2.2	Vegetationstragschichten .....	12
4.2.3	Filterschichten .....	12
4.2.4	Dränschichten .....	13
4.2.5	Schutzlagen .....	13
4.2.6	Durchwurzelungsschutz .....	14
4.2.7	Schubsicherung .....	14
4.3	Kostenübersicht: Systemlösungen Optigrün .....	15
4.3.1	Spardach .....	15
4.3.2	Leichtdach .....	16
4.3.3	Naturdach .....	17
4.3.4	Retentionsdächer .....	18
4.3.5	Gartendach .....	20
4.3.6	Landschaftsdach .....	21
4.3.7	Solargründach .....	22
4.4	Bewässerungssysteme .....	23
4.5	Entwässerungssysteme .....	25
4.6	Vegetation .....	26
4.6.1	Anpflanzungs-/Vegetationsarten .....	26
4.6.2	Pflanzenauswahl .....	27
4.6.3	Vegetationsformen .....	27
4.7	Fertigstellungspflege .....	28
4.8	Bauen im Bestand .....	28
4.9	Förderungsmöglichkeiten .....	29
4.10	Einsparungen .....	31

<b>5</b>	<b>Unterhaltungskosten .....</b>	<b>32</b>
5.1	Bewässerungssysteme .....	32
5.2	Pflanzenpflege .....	33
5.3	Einsparungen .....	34
5.4	Mehrkosten in kritischen Phasen .....	36
<b>6</b>	<b>Nutzwert von Gründächern .....</b>	<b>38</b>
6.1	Messbarer Nutzen .....	38
6.1.1	Bauklimatischer Nutzwert .....	38
6.1.2	Ökologischer Nutzwert.....	42
6.1.3	Baukonstruktiver Nutzwert .....	49
6.2	Nicht messbarer Nutzen .....	50
6.2.1	Benefits für den Benutzer .....	50
6.2.2	Benefits für das Gebäudeimage.....	51
6.3	Sonderfall: Solargründach .....	51
<b>7</b>	<b>Kosten- und Nutzenvergleich Gründächer.....</b>	<b>57</b>
7.1	Extensive Begrünung.....	57
7.2	Einfach Intensive Begrünung .....	58
7.3	Intensive Begrünung.....	58
7.4	Solargründach .....	59
<b>8</b>	<b>Forschungsprojekt im Botanischen Garten.....</b>	<b>60</b>
8.1	Forschungsziel & Versuchsaufbau.....	60
8.2	Einordnung .....	60
8.3	Kosten-Nutzen-Vergleich .....	61
<b>9</b>	<b>Resumée.....</b>	<b>66</b>
<b>10</b>	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>67</b>
10.1	Literaturquellen .....	67
<b>11</b>	<b>Abbildungsnachweis .....</b>	<b>69</b>
<b>12</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>73</b>
<b>13</b>	<b>Eigenständigkeitserklärung .....</b>	<b>93</b>

## 2 Problemstellung

Die folgende Arbeit befasst sich mit der Wirtschaftlichkeit von Gründächern. Neben den Grundkenntnissen zu Gründächern selbst, werden vorwiegend die Nutzwerte, also das Leistungspotenzial für verschiedene Bereiche, und die Kosten, sowohl bei der Einbringung als auch im Lebenszyklus, betrachtet.

Um eine Vergleichbarkeit der Erkenntnisse zu garantieren, bezieht sich der Inhalt vorrangig auf Flachdächer im Neubau, da diese Systemausführung am weitesten verbreitet ist. Aus diesem Grund liegt die umfangreichste Datenlage vor. Darüber hinaus fallen viele störende Rahmenfaktoren, welche eine sehr individuelle Betrachtung von Einzelsystemen voraussetzen, weg, die bei Steildächern und Bestandsbauten nötig wären. Zuletzt ermöglicht dieser Blickwinkel den besten Bezug zum Forschungsprojekt im botanischen Garten, wo ebenfalls mit flachgeneigten Flächen gearbeitet wurde.

Um eine möglichst vollständige Betrachtung der Kosten zu gewährleisten, werden neben vollständigen Herstellersystemen auch die einzelnen Schichten, Be- und Entwässerung, sowie Pflegeprozesse betrachtet. Im Hinblick auf die Finanzierung erfolgt die Betrachtung von Förderungs- und Einsparmöglichkeiten, um die Preisbildung für verschiedene Gründachvarianten in ihrer Gesamtheit darzustellen.

Das Leistungspotenzial soll aus verschiedenen Richtungen untersucht werden. Dazu werden Aspekte der Bauklimatik, der Ökologie sowie der Konstruktion beleuchtet und um Vorteile für Nutzer sowie Gebäudeimage ergänzt. Durch diese themenübergreifende Betrachtung soll der Nutzwert vollständig und nachvollziehbar aufgeschlüsselt werden.

Das übergeordnete Ziel ist es, Kosten und Nutzen so vergleichbar zu machen, dass eine pauschale Aussage über die Wirtschaftlichkeit von Gründächern möglich ist. Besonderer Wert ist dabei auf die verschiedenen Ausführungsvarianten zu legen.

Abschließend werden die erlangten Kenntnisse auf das vorzustellende Forschungsprojekt im botanischen Garten Dresden übertragen und angewendet.

## 3 Grundlagen Gründächer

### 3.1 Notwendigkeit von Gründächern

Im Rahmen der weltweiten Klimaerwärmung sind Forscher auf der ständigen Suche nach Maßnahmen, welche sowohl dem Klimawandel selbst als auch seinen „Symptomen“ entgegenwirken. Gründächer leisten für beide Bereiche ihren Beitrag.

Dem Klimawandel selbst wirken sie durch zusätzliche Biomasse entgegen, welche auf sonst ungenutzten Flächen CO<sub>2</sub> bindet und Sauerstoff produziert. Sie eröffnen neue Möglichkeiten Pflanzen gegen einen erhöhten CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft einzusetzen.

Viel mehr aber wirken Gründächer effektiv gegen die Symptome des Klimawandels. Vor allem unsere Städte sind von diesen stark betroffen.

Zum Beispiel überhitzen diese im Sommer deutlich stärker als ihr Umland. Dies ist vor allem auf die fehlende Verdunstungskühlung über den zu großen Teilen versiegelten Flächen zurückzuführen. Hier greifen Gründächer an und entsiegeln große Teile der Stadt und sorgen so für einen kühlenden Effekt.

Außerdem werden extremere Wetterereignisse im Rahmen des Klimawandels immer häufiger. Dies kann vor allem beim Thema Kanalisation zu Problemen führen. Sollte es so viel in so kurzer Zeit regnen, dass die Kanalisation nicht ausreichend dimensioniert ist, kommt es zur Überschwemmung des Straßenraumes durch Rückstau. Auch dieser Effekt verstärkt sich in der Stadt durch die großflächige Versiegelung. Auf dem nicht versickerungsfähigen Untergrund fließt das Niederschlagswasser schnell und gezielt ab, sodass es in der Kanalisation frühzeitig zu Problemen kommt.

Ein Gründach entsiegelt die Fläche nicht nur, sondern bietet als Speichermasse auch ein gewisses Retentionsvermögen. Das bedeutet, dass der Niederschlag sowohl verzögert als auch in verringelter Menge abfließt und damit die Kanalisationssysteme entlastet werden.

Zusammenfassend lösen beziehungsweise mildern Gründächer eine Vielzahl Klimawandelbedingter Probleme, vor allem in den Städten, wo diese verstärkt auftreten. Mehr zur genauen Wirkungsweise der Dachbegrünung ist in Kapitel 6 aufgeführt.

## 3.2 Baukonstruktive Unterscheidung

### 3.2.1 Dacharten

Gründächer können auf verschiedene Dacharten/-formen aufgebracht werden, dabei bestimmen die Eigenschaften der vorhandenen Unterkonstruktion sowohl im Bestand als auch im Neubau die möglichen Dachaufbauten und Pflanzenauswahl mit.

#### Das Warmdach

Das Warmdach, auch bekannt als einschaliges oder nicht durchlüftetes Dach, zeichnet sich durch unterseitig direkt angrenzende warme Raumluft aus. Daher sind die Dachaufbauten in der Regel gut gedämmt. Außerdem liegt die Dachhaut direkt auf der Wärmedämmung auf (vgl. Abb. 1).

Damit dieser Dachtyp begrünt werden kann, muss der Dämmstoff ausreichend druckfest sein (mindestens Kurzzeichen „WD“), um die Dachdichtung ausreichend zu schützen (vgl. Anhang 1). Sollte das Dach nicht gedämmt sein (bspw. Tiefgarage, Carport, etc.) müssen für die Dachbegrünung Pflanzen mit erhöhter Kältetoleranz ausgewählt werden.<sup>1</sup>

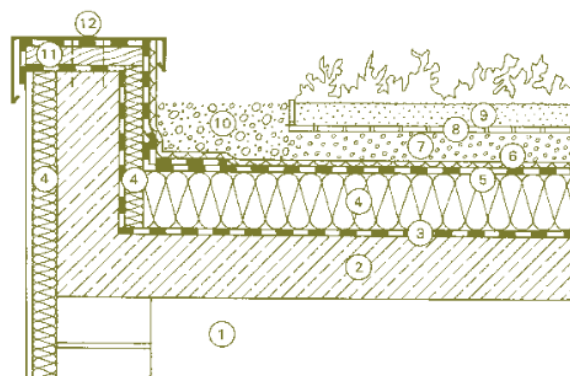
Von den in Kapitel 4.3. genauer beschriebenen Systemlösungen des Herstellers Optigrün lassen sich die folgenden auf ein Warmdach anwenden: Spar-, Leicht-, Natur-, Retentions-, Garten-, Landschafts- und Solargründach.<sup>2</sup>

#### Das Kaltdach

Das Kaltdach, auch bekannt als zweischaliges oder durchlüftetes Dach, verfügt im Gegensatz zum Warmdach, über eine durchlüftete Ebene zwischen Dämmschicht und Dachhaut, welche (vor allem bei Steildächern) auch als Dachraum genutzt werden kann (vgl. Abb. 2).

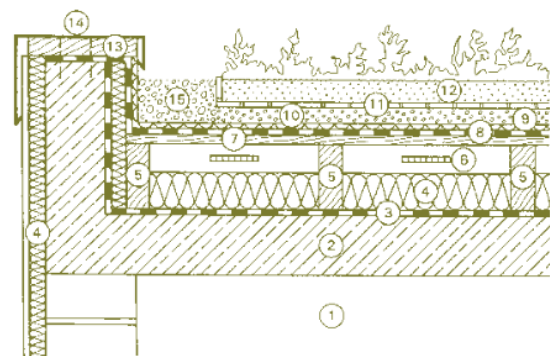
Im Vergleich zum Warmdach spielt die Druckfestigkeit der Dämmung für die Begrünung keine Rolle, da der Gründachaufbau von einer separaten Unterkonstruktion getragen wird.

Von den in Kapitel 4.3 genauer beschriebenen Systemlösungen des Herstellers Optigrün lassen sich die folgenden auf ein Kaltdach anwenden: Spar-, Leicht-, Natur-, Retentions- und Solargründach.<sup>3</sup>



- |                                 |                            |
|---------------------------------|----------------------------|
| 1 = Raumluft                    | 7 = Dränschicht            |
| 2 = Tragkonstruktion Stahlbeton | 8 = Filterschicht          |
| 3 = Dampfsperre                 | 9 = Vegetationstragschicht |
| 4 = Wärmedämmung                | 10 = Kiesstreifen          |
| 5 = Dachdichtung                | 11 = Holzbohle             |
| 6 = Schutzlage                  | 12 = Blechabdeckung        |

Abb. 1 - Dachaufbau begrüntes Warmdach



- |                                 |                             |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1 = Raumluft                    | 9 = Schutzlage              |
| 2 = Tragkonstruktion Stahlbeton | 10 = Dränschicht            |
| 3 = Dampfsperre                 | 11 = Filterschicht          |
| 4 = Wärmedämmung                | 12 = Vegetationstragschicht |
| 5 = Balkenlage                  | 13 = Holzbohle              |
| 6 = Lüftungsschlitze            | 14 = Blechabdeckung         |
| 7 = Holzverschalung             | 15 = Kiesstreifen           |
| 8 = Dachdichtung                |                             |

Abb. 2 - Dachaufbau begrüntes Kaltdach

<sup>1</sup> (Kolb 2016)

<sup>2</sup> (Optigrün 2022)

<sup>3</sup> (Optigrün 2022)

## Das Umkehrdach

Das Umkehrdach zeichnet sich durch eine wasserfeste Wärmedämmung oberhalb der Dachdichtung aus (vgl. Abb. 3).

Bei der Begrünung ist darauf zu achten, dass für alle Funktionsschichten oberhalb der Dämmebene dampfdurchlässige Auflasten zu wählen sind und die Pflanzenauswahl an die eingeschränkte Wasserspeicherfähigkeit (durch grobkörnige Auflast & wasserführende Dämmebene) angepasst werden muss.<sup>4</sup>

Von den in Kapitel 4.3 genauer beschriebenen Systemlösungen des Herstellers Optigrün lassen sich die folgenden auf ein Umkehrdach anwenden: Spar-, Natur-, Retentions-, Garten-, Landschafts- und Solargründach.<sup>5</sup>

## Dachbegrünungen bis 45° Neigung

Die Dachbegrünung von Steildächern stellt einen Sonderfall dar und lässt sich nur schwierig mit denen von Flachdächern vergleichen, da sie sich in den Faktoren Konstruktion, Nutzen und Kosten grundlegend unterscheiden. Aus diesem Grund wird die Steildachbegrünung in den folgenden Abschnitten nicht genauer betrachtet.

Als Steildach gilt ein Dach ab 10° Neigung. Ab 15° ist für die Begrünung eine Schubsicherung nötig, welche das Substrat vor Wegrutschen bzw. Erosion schützt (vgl. Abb. 4). Außerdem sind nur bestimmte Substratarten, mit kantigen Kornformen & geringem organischen Anteil, für die Aufbringung auf Steildächer geeignet.<sup>6</sup>

Im Allgemeinen gilt, dass Steildächer einen geringeren Speichereffekt und höhere Abflussgeschwindigkeiten (zusätzliche Erosionsgefahr) als Flachdächer haben. Damit fallen zwei maßgebliche Vorteile von Gründächern nahezu vollständig weg, sodass sie in der Kosten-Nutzen-Analyse in Verbindung mit dem erhöhten Aufwand im Regelfall schlechter abschneiden.

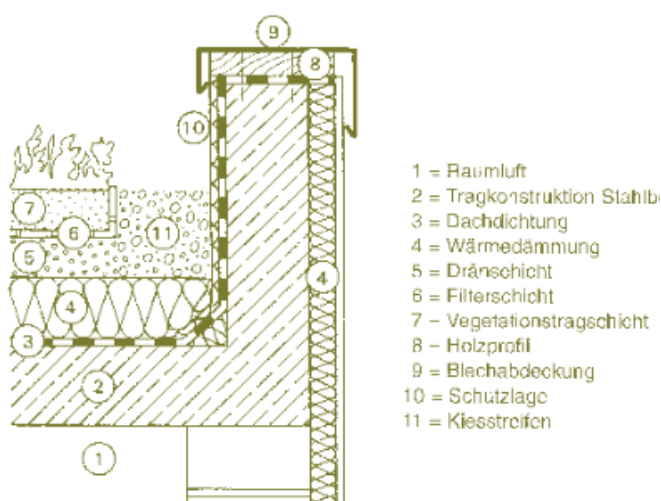


Abb. 3 - Dachaufbau begrüntes Umkehrdach



Abb. 4 - Dachaufbau begrüntes Steildach

<sup>4</sup> (Kolb 2016)

<sup>5</sup> (Optigrün 2022)

<sup>6</sup> (Kolb 2016)



### 3.2.2 Begrünungsarten

Im Allgemeinen unterscheidet man drei Begrünungsarten nach Nutzung, Herstellungs- & Pflegeaufwand. Jede der Arten hat dabei viele verschiedene, teilweise standortabhängige, Ausbildungsformen. Die Übergänge zwischen den Arten gestalten sich fließend und unterliegen dynamischen Veränderungen.

#### Extensive Dachbegrünung

*„[Extensive Dachbegrünungen sind] ... In der Regel nicht genutzte naturnahe Grünflächen auf dem Dach mit niedrigerem Aufwand in Herstellung und Pflege.“<sup>7</sup>*

Bei einer extensiven Dachbegrünung kommen naturnahe und regenerationsfähige Pflanzen wie Moose, Sukkulente, Kräuter & Gräser zum Einsatz. (vgl. Abb. 5). Diese ermöglichen eine weitestgehend selbstständige Erhaltung und Entwicklung des Pflanzbestandes. Sie können auch als Grundlage für eine natürliche Pflanzentwicklung dienen, bei der sich über bspw. Wind oder Vögel neue Pflanzen auf der Dachfläche ansiedeln. Ist dieser Effekt nicht erwünscht, weil eine bestimmte Ästhetik angestrebt wird, oder das Dach als Ausgleichsmaßnahme anerkannt werden soll, können Pflege und Nährstoffzufuhr nötig werden.<sup>8</sup> (vgl. Kapitel 5.2)

Grundsätzlich haben die gewählten Pflanzen geringe Ansprüche an ihren Standort, sodass Substratstärken von 3 bis 15 cm ausreichend sind, damit die Vegetation gedeiht. Die geringe Aufbauhöhe wirkt sich in den Faktoren Kosten und statischer Beanspruchung positiv aus. Dazu kommt, dass extensiv begrünte Dächer meist nicht begehbar geplant werden, sodass Zusatzausstattung gespart werden kann.<sup>9</sup>

#### Einfach intensive Dachbegrünung

*„[Einfach intensiv begrünte Dachflächen sind] ... genutzte oder nicht genutzte, meist einfach gestaltete Grünflächen auf dem Dach mit geringerem Aufwand in Herstellung und Pflege.“<sup>10</sup>*

Unter einfach intensiven Dachbegrünungen versteht man die Arten von Dachbegrünungen, die zwischen extensiver und intensiver Dachbegrünung liegen. Sie haben mittlere Anforderungen an Nutzbarkeit, Herstellungs- und Pflegeaufwand.

Die auf diesen Dächern ausgebrachten Vegetationsformen haben einen bodendeckenden Charakter und setzen sich aus bspw. Gräsern, Stauden und kleineren Gehölzen zusammen (vgl. Abb. 6). Die etwas anspruchsvolleren Pflanzen benötigen in der Regel Bewässerung und Nährstoffzufuhr (vgl. Kapitel 5.2). Außerdem braucht es hier eine höhere Substratstärke als bei der Extensivbegrünung, welche typischerweise bei ca. 15 bis 30 cm liegt.<sup>11</sup>

---

<sup>7</sup> (FLL 2008, S. 17)

<sup>8</sup> (FLL 2008; Minke 2006)

<sup>9</sup> (Minke 2006)

<sup>10</sup> (FLL 2008, S. 17)

<sup>11</sup> (Minke 2006)

## Intensive Dachbegrünung

*„[Die intensive Dachbegrünung ist eine] ... In der Regel genutzte und höherwertig gestaltete Gartenflächen auf dem Dach mit höherem Aufwand in Herstellung und Pflege.“<sup>12</sup>*

Die Intensive Dachbegrünung stellt die höchsten Anforderungen an Nutzung, Herstellungs- und Pflegeaufwand, bietet aber zugleich den größten Gestaltungsfreiraum für Planer, sodass hier fast alles umsetzbar ist, was auch auf bodengebundenem Freiraum umgesetzt wird (vgl. Abb. 7).

Sie kann flächig, höhendifferenziert oder punktuell ausgebildet werden und ist in der Regel begehbar. Das Pflanzbild umfasst alle typischen Vegetationsformen, charakterisierend sind dabei vor allem Stauden, Gehölze und Rasen. Daraus ergeben sich hohe Standortanforderungen, sodass Nährstoffzufuhr und Bewässerung zwingend notwendig sind. Die Substratstärke liegt meist über 30 cm.<sup>13</sup>



Abb. 5 - Extensiv begrüntes Dach (Haus der Astronomie, Heidelberg)



Abb. 6 - Einfach intensiv begrüntes Dach (Amt für Umwelt- & Arbeitsschutz, Karlsruhe)



Abb. 7 - Intensiv begrüntes Dach (Wiegmann-Klinik, Berlin)

---

<sup>12</sup> (FLL 2008, S. 17)

<sup>13</sup> (FLL 2008; Minke 2006)

## 4 Investitionskosten

### 4.1 Allgemein

Die Investitionskosten eines Gründaches können in der Regel durch einige Überlegungen in der Planung gesenkt werden. Man sollte zum Beispiel auf möglichst wenig Dachdurchbrüche, eine geringe Dachneigung (vgl. Steildach Kapitel 3.2.1) und eine einfach gehaltene Randausbildung achten, um zu sparen.<sup>14</sup>

Grundsätzlich liegen die Kosten für extensiv begrünte Dächer zwischen 20 und 50 €/m<sup>2</sup> (Stand 2006) und damit ca. 0-15% über den Kosten für konventionell gedeckte Flachdächer. Dachgauben und Kuppeln lassen sich dagegen kostengünstiger begrünen als mit Ziegeln oder Schindeln decken, da das Material entsprechend anpassungsfähiger ist.<sup>15</sup>

Die Kosten für intensiv begrünte Dächer lagen 2006 zwischen 50 & 200 €/m<sup>2</sup>. Sie sind aufgrund ihres komplexeren Aufbaus und daraus folgender höherer Leistungsfähigkeit deutlich teurer als extensiv begrünte Dächer (ca. 4 bis 10-facher Preis).<sup>16</sup>

Grundsätzlich sollte man bei der Investition in ein Gründach berücksichtigen, dass die erhöhten Kosten im Vergleich zu einem konventionellen Dachaufbau im Lebenszyklus des Gründachs durch seinen Nutzen ausgeglichen/gemildert werden. (vgl. Kapitel 6)

### 4.2 Materialität/Funktionalität der Schichten

Das folgende Kapitel behandelt die Investitionskosten der einzelnen Schichten eines Gründachaufbaus. Typischerweise setzt sich dieser, unabhängig von der Begrünungsart, aus der Vegetationstragschicht, der Trennschicht, einer Dränageschicht und der Schutzlage, bzw. dem Wurzelschutz zusammen, wobei die Ausführungsweise der Schichten variiert.

#### 4.2.1 Substrat

*„Substrat ist ein aus miteinander vermischten Stoffen oder aus aufbereiteten Böden nach definierten Anforderungen hergestellter Bodenersatz als Vegetationsstandort.“<sup>17</sup>*

Das Substrat ist in der Regel mit dem durchwurzelbaren Bereich des Dachaufbaus gleich zu setzen und gliedert sich meistens in eine Vegetationstragschicht und eine Dränschicht, welche gegebenenfalls (meist ab 5° Dachneigung) durch eine Filterschicht getrennt werden.<sup>18</sup>

Im Vergleich dazu kann das Substrat auch einschichtig ausgebildet werden, wobei es die Funktionen beider Schichten übernimmt. Dazu wird es mit mineralischen Partikeln durchsetzt, welche die Dränwirkung unterstützen, sodass es nicht zu ungewolltem Wasserrückstau kommt.<sup>19</sup>

---

<sup>14</sup> (Minke 2006)

<sup>15</sup> (Minke 2006)

<sup>16</sup> (Minke 2006)

<sup>17</sup> (FLL 2008, S. 19)

<sup>18</sup> (FLL 2008)

<sup>19</sup> (Minke 2006)

## 4.2.2 Vegetationstragschichten

*„Die Vegetationstragschicht [...] bildet die Grundlage für das Pflanzenwachstum und muss intensiv durchwurzelbar sein.“<sup>20</sup>*

Unter Vegetationstragschicht versteht man die oberste Substratschicht, welche den Pflanzen als Nährboden, Wasserspeicher & Verankerungsmöglichkeit für das Wurzelwerk dient. Gleichzeitig wird hier ein funktionales Luftporenvolumen gebildet. (vgl. Kapitel 6) Je nach Pflanzenart variiert die Zusammensetzung in Form von bspw. Humus-, Schluff-, und Tonanteil, sodass Nährstoffgehalt, Bindigkeit und Wasserspeicherkapazität ideal angepasst sind.<sup>21</sup>

Die Verwendung von umgebendem Mutterboden ist nur in wenigen Einzelfällen zu empfehlen, da dieser in der Regel zu bindig ist und erst mit Leichtzuschlägen abgemagert werden müsste. Außerdem sind der Abtrag und die Aufbringung aufs Dach meist mit so viel Aufwand verbunden, dass die Kosten für den Prozess, die eines vergleichbaren neuen Substrates übersteigen.<sup>22</sup>

Aufbau	Begrünungsart	Aufbaustärke [cm]	Kosten [€/m <sup>2</sup> ]
Einschichtig	Extensiv	10	12,24 - 13,61 - 16,24
	Intensiv	25	30,64 – 34,04 – 40,59
Mehrschichtig	Extensiv/Intensiv	-	122,80 – 136,46 – 162,86

Tab. 1 - Nettokosten Vegetationstragschicht (DE - 2022)

## 4.2.3 Filterschichten

*„Die Filterschicht [...] verhindert, dass feinere Bode- und Substrateile aus der Vegetationstragschicht in die Dränschicht eingeschlämmt werden und die Wasserdurchlässigkeit dieser Schicht beeinträchtigen.“<sup>23</sup>*

Die Filterschicht dient der Trennung von Vegetationstragschicht und Dränschicht auf flachen Dächern und wird klassischerweise als Vlies ausgebildet. Auf stärker geneigten Dächern ist keine Trennung notwendig, da die intensivere Dränwirkung eine zu große Durchmischung verhindert. Durch eine leichte Durchmischung an der Grenzschicht wird ein Abrutschen der Substratschicht vermieden. Außerdem liegt bei leichter Durchmischung ein ausgeglicheneres Feuchtemilieu für die Wurzeln vor.

Filterschicht	Kosten [€/m <sup>2</sup> ]
Geotextil	3,97 – 4,71 – 6,01
Mineralstoff	3,36 – 3,77 – 4,51

Tab. 2 - Nettokosten Filterschicht (DE - 2022)

---

<sup>20</sup> (FLL 2008, S. 19)

<sup>21</sup> (Minke 2006)

<sup>22</sup> (Minke 2006)

<sup>23</sup> (FLL 2008, S. 18)

#### 4.2.4 Dränschichten

*„Die Dränschicht [...] nimmt aufgrund ihres Hohlraumvolumens überschüssiges Wasser auf und führt es den Dachabläufen zu. Bei entsprechender stofflicher Ausbildung dient sie gleichzeitig der Wasserspeicherung, vergrößert den durchwurzelbaren Raum und übernimmt Schutzfunktion für den darunter liegenden Aufbau.“<sup>24</sup>*

Als Dränschicht wird die untere Substratschicht bezeichnet, welche der Wasserabführung bzw. der Wasserspeicherung dient. Sie kann in Form von grobkörnigem (bis 16mm Korngröße), mineralhaltigem Substrat (bspw. Blähton, Blähschiefer, Bims, etc.), oder als Dränmatte ausgebildet werden. Um sauren Regen entgegenzuwirken, wird teilweise ein pH zwischen 6 und 8,5 angestrebt.<sup>25</sup>

Ausführungsart	Dränschicht	Kosten [€/m <sup>2</sup> ]
Substrat	Einschichtig extensiv	12,24 - 13,61 - 16,24
	Einschichtig intensiv	30,64 - 34,04 - 40,59
Matte/Platte	Strukturvliesmatte	3,91 - 4,32 - 5,12
	Fadengeflechtmatte	4,25 - 4,69 - 5,54
	Kunststoff-Profilplatte	11,44 - 12,48 - 14,46
	Kautschuk-Noppenbahn	55,77 - 60,49 - 69,37

Tab. 3 - Nettokosten Dränschicht (DE - 2022)

#### 4.2.5 Schutzlagen

*„Schutzlagen/Schutzschichten und Schutzmaßnahmen dienen dem Schutz der Dachabdichtung und/oder des Durchwurzelungsschutz.“<sup>26</sup>*

Es wird zwischen Schutzlagen, Schutzmaßnahmen und Schutzschichten unterschieden. Unter Schutzlagen versteht man einen dauerhaften Schutz der Abdichtungsschicht vor chemischen und/oder mechanischen Einwirkungen in Form von bahnenförmigen Stoffen. Eine Schutzmaßnahme ist dagegen eine temporäre Vorkehrung zum Schutz der Abdichtungsschicht während der Bauphase. Eine Schutzschicht ist wie die Schutzlage dauerhaft, kann allerdings zusätzlich noch lastverteilend wirken und schützt die Abdichtungsbahn ergänzend auch vor thermischen Einwirkungen.<sup>27</sup>

Schutzlage/-schicht	Kosten [€/m <sup>2</sup> ]
Chemiefaservlies	2,93 - 3,26 - 3,87
Bautenschutzmatte/-platte	11,45 - 12,87 - 15,43
Elastomerbahn	21,85 - 24,13 - 28,31
Kunststoffbahn	14,06 - 15,70 - 18,66
Polyesterbahn	2,93 - 3,26 - 3,87
PVC-Folie (Halbhart)	4,81 - 5,29 - 6,19
PVC-Folie (halbhart, vlieskachierte)	5,32 - 5,97 - 6,96

Tab. 4 - Nettokosten Schutzlagen/-schichten (DE - 2022)

<sup>24</sup> (FLL 2008, S. 17)

<sup>25</sup> (Minke 2006)

<sup>26</sup> (FLL 2008, S. 19)

<sup>27</sup> (FLL 2008)

## 4.2.6 Durchwurzelungsschutz

*„Der Durchwurzelungsschutz muss Beschädigungen der Dachabdichtung durch ein- oder durchdringende Pflanzenwurzeln und ggf. Rhizome dauerhaft verhindern [...]“<sup>28</sup>*

Der Durchwurzelungsschutz ist ein Sonderfall der Schutzlage. (vgl. Kapitel 4.2.5) In der Regel übernimmt die Dachabdichtung die Funktion des Durchwurzelungsschutz, wobei hier auf besonders gedichtete Fugen geachtet werden muss (Verschweißung oder Versiegelung mit Flüssigfolie). Wird die Dachabdichtung wie häufig üblich in Bitumenbahnen ausgeführt ist neben der Fugendichtung weiterer Zusatzschutz notwendig.<sup>29</sup>

Allgemein sollten von Natur aus wurzelfeste Materialien verwendet werden, da „wurzelfest behandelte“ Stoffe in der Regel mit nicht dauerhaften Pflanzengiften behandelt worden sind, sodass nach einiger Zeit die Sicherheit vor Durchwurzelung nicht mehr gegeben ist.<sup>30</sup>

Außerdem muss der Durchwurzelungsschutz selbst, durch Schutzlagen/-schichten vor mechanischer Beanspruchung geschützt werden. Solche Beanspruchungen treten bspw. Bei rauem/unebenem Untergrund, materialspezifischer Bewegung oder begehbaren/befahrbaren Oberflächen auf.<sup>31</sup>

## 4.2.7 Schubsicherung

Die Schubsicherung sichert das Dach gegenüber drei Prozessen. Zum einen gegen die Oberflächenerosion, welche sowohl auf flachen als auch (verstärkt) auf geneigten Dächern vorkommt. Erosion ist vor allem während der Herstellung des Gründaches ein Problem, da nur eine vollständige Durchwurzelung des Substrats vor Wind und Wasser schützt.<sup>32</sup>

Steildächer müssen außerdem vor dem Abrutschen/Gleiten entlang der Schichtgrenzen geschützt werden. Ab circa 10 bis 15° Neigung werden die abwärts gerichteten Kräfte größer als die Haftreibung des Materials, sodass die Gefahr des Abrutschens zunimmt.<sup>33</sup>

Außerdem muss das Dach bei der Verwendung von Schüttstoffen vor ungewollten Masseverlagerungen durch Einstellung des materialspezifischen Schüttwinkels geschützt werden.<sup>34</sup>

Ausführungsart	Schubsicherung	Kosten [€/m <sup>2</sup> ]
flächig	Wirrgelegebahnen mit Geogitter	15,72- 17,46 – 20,80
	Schrägdachplatte (EPS)	7,13 – 7,84 – 9,20
	Segmentierte Waben-/Gitterelemente	16,87 – 18,66 – 22,07
linienförmig	Lattung Nadelholz	22,60 – 25,77 – 32,06
	Profile mit Stahl Schubhaltern	91,36 – 100,20 – 177,00
hybrid	Schubswellen auf Widerlager	21,93 – 24,90 – 30,62
	Schubswellen mit Gitternetz	70,42 – 77,75 – 92,19

Tab. 5 - Nettokosten Schubsicherung (DE - 2022)

<sup>28</sup> (FLL 2008, S. 18)

<sup>29</sup> (Minke 2006)

<sup>30</sup> (Minke 2006)

<sup>31</sup> (Minke 2006)

<sup>32</sup> (FLL 2008)

<sup>33</sup> (FLL 2008)

<sup>34</sup> (FLL 2008)



### 4.3 Kostenübersicht: Systemlösungen Optigrün

Alle Aufbauten (vgl. Anhang 4 bis Anhang 14) und eine Gegenüberstellung der einzelnen Systeme (vgl. Anhang 15) finden sich am Ende der Arbeit.

Das Schrägdach und Verkehrsdach werden aufgrund ihres individuellen Charakters und erschwerter Vergleichbarkeit nicht genauer betrachtet.

#### 4.3.1 Spardach

*„Beim Spardach ist der Name Programm: Eine preisgünstige, ausgereifte und hoch funktionale Begrünungsart. Aufgrund des sparsamen Schichtaufbaus ist die Pflanzenvielfalt allerdings beschränkt. Das ist aber in jedem Fall besser als ein unbegrüntes oder bekiestetes Dach.“* Uwe Harzmann<sup>35</sup>

Gewicht	Ab 90kg/m <sup>2</sup> [0,9kN/m <sup>2</sup> ]
Systemhöhe	Ab 8cm
Dachneigung	0-5°
Vegetationsform	Sedum-Kräuter-Gräser
Wasserrückhalt	50-60%/Jahr
Spitzenabflussbeiwert	C <sub>s</sub> = 0,4 bis 0,5
Wasserspeicher	25l/m <sup>2</sup>
Kosten	Ab 23€/m <sup>2</sup>
Ökologische Wertigkeit	2/5
Pflegeaufwand	1/5
Begrünungsarten	Extensiv

Das Spardach ist eine besonders kostengünstige und pflegeleichte Dachbegrünung, welche sich auch für Umkehrdächer eignet.

Es erfüllt alle Voraussetzungen nach der Dachbegrünungsrichtlinie (FLL) und entwässert über eine Festkörperdrainage (kann bei 1-5° Neigung weggelassen werden).<sup>36</sup>

Zur Pflege ist nach ca. 1-2 Jahren eine Düngung erforderlich, welche undichtigem Bewuchs oder einer Rotfärbung der Vegetation vorbeugt.<sup>37</sup>

Tab. 6 - Kennwerte Spardach (Optigrün)

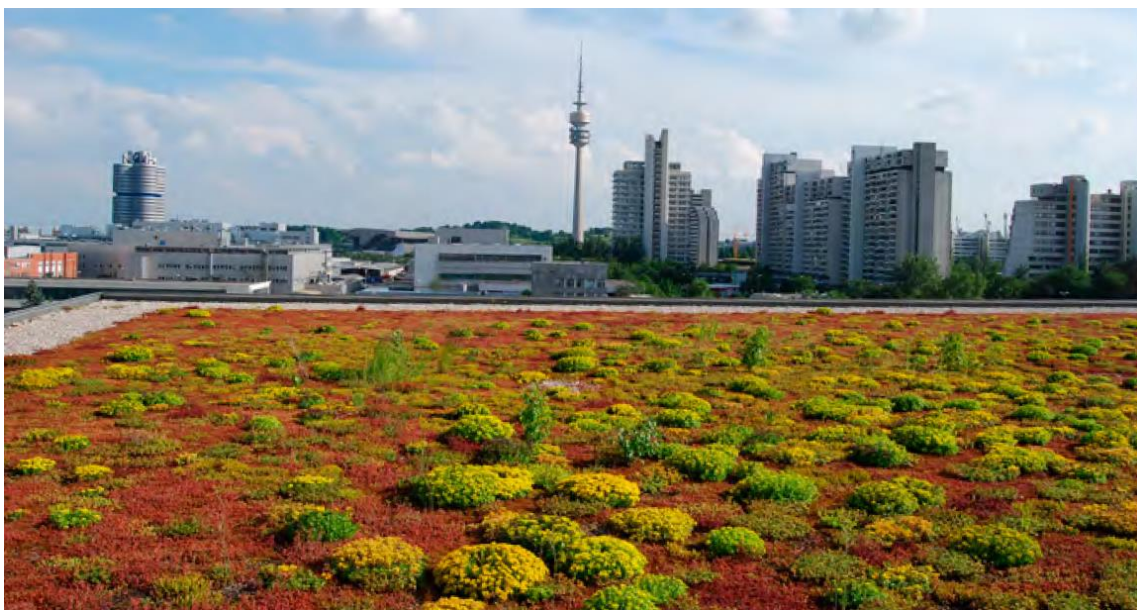


Abb. 8 - Beispielbild Spardach (Optigrün)

<sup>35</sup> (Optigrün 2022, S. 16)

<sup>36</sup> (Optigrün 2022)

<sup>37</sup> (Optigrün 2022)

### 4.3.2 Leichtdach

„Der ‚schlanke‘ Dachaufbau ist ideal bei der Sanierung älterer Dächer ohne statische Reserven. Auch große Industriedächer in Leichtbauweise können so als Ausgleichsflächen angerechnet werden.“ *Marion Kreutner*<sup>38</sup>

Gewicht	Ab 55kg/m <sup>2</sup> [0,55kN/m <sup>2</sup> ]
Systemhöhe	Ab 6cm
Dachneigung	0-5°
Vegetationsform	Sedum-Moos
Wasserrückhalt	40-50%/Jahr
Spitzenabflussbeiwert	C <sub>s</sub> = 0,5 bis 0,6
Wasserspeicher	18l/m <sup>2</sup>
Kosten	Ab 44€/m <sup>2</sup>
Ökologische Wertigkeit	1/5
Pflegeaufwand	2/5
Begrünungsarten	Extensiv

Tab. 7 - Kennwerte Leichtdach (Optigrün)

Das Leichtdach übertrifft die Anforderungen der FLL Dachbegrünungsrichtlinie für extensiv begrünte Einschichtsubstrate & eignet sich, aufgrund des geringen Eigengewichts, ideal für das Bauen im Bestand.<sup>39</sup>

Es wird mit einer verwehssicherten, einfach aufzubringenden Vegetationsmatte bepflanzt und muss nach Aufbringung einmal jährlich gedüngt werden. In trockenen Regionen ist gegebenenfalls eine Bewässerung notwendig. Zuletzt ist zu beachten, dass das Leichtdach nur auf Dächer mit fixierter Dachabdichtung aufgebracht werden kann, da seine Auflast nicht ausreichend ist.<sup>40</sup>



Abb. 9 - Beispielbild Leichtdach (Optigrün)

<sup>38</sup> (Optigrün 2022, S. 20)

<sup>39</sup> (Optigrün 2022)

<sup>40</sup> (Optigrün 2022)



### 4.3.3 Naturdach

„Das Naturdach ist eine tolle Möglichkeit um dauerhaft die Artenvielfalt auch in Städten zu erhalten. Einerseits hinterlassen wir unseren Kindern eine lebenswerte Natur und andererseits verschönern wir unseren Lebensraum und steigern die Lebensqualität.“ Marc Niewöhner<sup>41</sup>

Gewicht	Ab 95kg/m <sup>2</sup> [0,95kN/m <sup>2</sup> ]
Systemhöhe	Ab 10cm
Dachneigung	0-5°
Vegetationsform	Kräuter-Gräser-Sedum, evtl. Gehölze
Wasserrückhalt	50-70%/Jahr
Spitzenabflussbeiwert	C <sub>s</sub> = 0,3 bis 0,5
Wasserspeicher	30 bis 80l/m <sup>2</sup>
Kosten	Ab 28€/m <sup>2</sup>
Ökologische Wertigkeit	5/5
Pflegeaufwand	2/5
Begrünungsarten	Extensiv Einfach Intensiv

Tab. 8 - Kennwerte Naturdach (Optigrün)

Das Naturdach ist die einfachste ökologisch hochwertige Begrünungsform von Optigrün. Durch punktuelle Aufschüttungen kann sie sogar zur Biodiversitätsfläche aufgewertet werden.<sup>42</sup> (vgl. Kapitel 6.1.2)

Im Vergleich zu den rein extensiven Begrünungsformen verfügt das Naturdach über eine erhöhte Verdunstungsleistung, einen länger anhaltenden Blühzeitraum und vielfältigere Pflanzenauswahl.<sup>43</sup>

Der Pflegeaufwand des Naturdaches ist extrem pflanzenabhängig, sodass keine Pauschalaussage über Bewässerung und Nährstoffzufuhr getroffen werden kann.



Abb. 10 - Beispielbild Naturdach (Optigrün)

<sup>41</sup> (Optigrün 2022, S. 24)

<sup>42</sup> (Optigrün 2022)

<sup>43</sup> (Optigrün 2022)

#### 4.3.4 Retentionsdächer

##### Mäander

„Die effizienteste Möglichkeit der Abflussverzögerung bei gleichzeitig hoher ökologischer Wertigkeit.“ *Dominik Gößner*<sup>44</sup>

Gewicht	Ab 90kg/m <sup>2</sup> [0,90kN/m <sup>2</sup> ]	Ab 120kg/m <sup>2</sup> [0,12kN/m <sup>2</sup> ]
Systemhöhe	Ab 9cm	Ab 12cm
Dachneigung	0-5°	0-5°
Vegetationsform	Sedum	Sedum-Kräuter-Gräser
Wasserrückhalt	50-70%/Jahr	50-70%/Jahr
Spitzenabflussbeiwert	C <sub>s</sub> = 0,1	C <sub>s</sub> = 0,17
Retentionsvolumen	19l/m <sup>2</sup>	32l/m <sup>2</sup>
Wasserspeicher	Gesamt 40l/m <sup>2</sup>	Gesamt 55-100l/m <sup>2</sup>
Kosten	Ab 25€/m <sup>2</sup>	Ab 30€/m <sup>2</sup>
Ökologische Wertigkeit	2/5	4/5
Pflegeaufwand	1/5	2/5
Begrünungsarten	Extensiv	Extensiv Einfach Intensiv

Tab. 9 - Kennwerte Mäander 30/60 (Optigrün)

Die Mäander-Retentionsdächer ergänzen den klassischen Gründachaufbau um ein zusätzliches Retentionsvolumen innerhalb der Dränageschicht. Durch diesen Wasserspeicher werden die Verdunstungskühlung gesteigert, der Abfluss zusätzlich verzögert und die Pflanzenauswahl erweitert.<sup>45</sup>



Abb. 11 - Beispielbild Mäander 60 (Optigrün)

<sup>44</sup> (Optigrün 2022, S. 30)

<sup>45</sup> (Optigrün 2022)

## Drossel:

„Das Retentionsdach Drossel ist DIE Lösung zur Wiederherstellung des natürlichen Wasserhaushaltes im urbanen Raum.“ Tobias Klinger<sup>46</sup>

Gewicht	Ab 100kg/m <sup>2</sup> [1,00kN/m <sup>2</sup> ]	Ab 310kg/m <sup>2</sup> [3,1kN/m <sup>2</sup> ]
Systemhöhe	Ab 14cm	Ab 12cm
Dachneigung	0°	0°
Vegetationsform	Sedum-Kräuter-Gräser, evtl. Gehölze	Stauden-Gehölze-Ra- sen-Bäume
Wasserrückhalt	Einstellbar	Einstellbar
Spitzenabflussbeiwert	Einstellbar	Einstellbar
Retentionsvolumen	75l/m <sup>2</sup>	80/m <sup>2</sup>
Wasserspeicher	Gesamt 95-150l/m <sup>2</sup>	Gesamt 150-370l/m <sup>2</sup>
Kosten	Ab 39€/m <sup>2</sup>	Ab 80€/m <sup>2</sup>
Ökologische Wertigkeit	3-5/5	5/5
Pflegeaufwand	2-5/5	5/5
Begrünungsarten	Extensiv Einfach Intensiv	Intensiv

Tab. 10 - Kennwerte Drossel Extensiv und Intensiv (Optigrün)

Neben den Vorteilen, die bereits das Mäander-Retentionsdach bringt, wird beim Drosseldach mit einem „Smart Flow Control“-System gearbeitet. Das heißt der Abfluss passt sich über Verbindung mit einer Wetter-App an die zu erwartende Niederschlagsmenge an, sodass ein frühzeitiger Abfluss in die unbelastete Kanalisation möglich ist. Außerdem wird die maximal mögliche Regenmenge gespeichert.<sup>47</sup>



Abb. 12 - Beispielbild Drossel-Intensiv (Optigrün)

<sup>46</sup> (Optigrün 2022, S. 38)

<sup>47</sup> (Optigrün 2022)



### 4.3.5 Gartendach

„Mit einem Gartendach können brachliegende Dächer z. B. auf Bürogebäuden, Tiefgaragen, Krankenhäusern oder Schulen in dringend benötigten Raum für Freizeit und Erholung verwandelt werden. So können auch in Ballungsgebieten kleine grüne Inseln entstehen, die unsere Städte einfach lebenswerter machen.“ Ilona Nipp<sup>48</sup>

Gewicht	Ab 320kg/m <sup>2</sup> [3,20kN/m <sup>2</sup> ]	Ab 150kg/m <sup>2</sup> [1,5kN/m <sup>2</sup> ]
Systemhöhe	Ab 26cm	Ab 12-40cm
Dachneigung	0-5°	0-5°
Vegetationsform	Stauden-Gehölze-Rasen	Kräuter, Gemüse, Beerensträucher
Wasserrückhalt	70-95%	50-80%
Spitzenabflussbeiwert	C <sub>s</sub> = 0,05 bis 0,3	C <sub>s</sub> = 0,2 bis 0,5
Wasserspeicher	Ca. 110-160l/m <sup>2</sup>	Gesamt 45-126l/m <sup>2</sup>
Kosten	Ab 55€/m <sup>2</sup>	Ab 40€/m <sup>2</sup>
Ökologische Wertigkeit	4/5	4/5
Pflegeaufwand	4/5	4/5
Begrünungsarten	Intensiv	Intensiv

Tab. 11 - Kennwerte Gründach/Urban Gardening (Optigrün)

Das Gartendach zeichnet sich vor allem durch die als Wohnraum erschlossene nutzbare Dachlandschaft (Begrünung, Sitzgelegenheiten, Teiche, usw.) mit vielfältig gestaltbarer Bepflanzung aus. Als Urban Gardening Dach werden punktuell in der Höhe variierende Aufbauten aufgesetzt, die an die gewünschten Obst- und Gemüsesorten angepasst sind. Eine Bewässerung/Nährstoffzufuhr ist hier wie bei einem normalen Garten notwendig.<sup>49</sup>



Abb. 13 - Beispielbild Gartendach (Optigrün)

<sup>48</sup> (Optigrün 2022, S. 64)

<sup>49</sup> (Optigrün 2022)

### 4.3.6 Landschaftsdach

*„Mit der Begrünung von Dächern leisten wir einen nachhaltigen Beitrag für die Städte unserer Zukunft. Die vielseitigen Gestaltungsmöglichkeiten der Dachlandschaften befreien unseren Blick von den Glas- und Betonwüsten. Die grünen Oasen entschleunigen und laden uns ein, in der Stadt zu verweilen und nicht in langen Staus auf dem Weg aufs Land.“* Sebastian Krümmel<sup>50</sup>

Gewicht	Ab 600kg/m <sup>2</sup> [6,00kN/m <sup>2</sup> ]
Systemhöhe	Ab 42cm
Dachneigung	0-5°
Vegetationsform	Stauden, Gehölze, Bäume
Wasserrückhalt	80-95%/Jahr
Spitzenabflussbeiwert	C <sub>s</sub> = 0,05 bis 0,2
Wasserspeicher	180 bis 320l/m <sup>2</sup>
Kosten	Ab 75€/m <sup>2</sup>
Ökologische Wertigkeit	4/5
Pflegeaufwand	4/5
Begrünungsarten	Intensiv

Das Landschaftsdach ist vergleichbar mit einem Bodengebundenen Garten, in dem fast alle Bepflanzungsvarianten möglich sind. Entsprechend aufwändig sind auch Bewässerung und Nährstoffzufuhr (jährliche Düngung).<sup>51</sup>

Tab. 12 - Kennwerte Landschaftsdach (Optigrün)



Abb. 14 - Beispielbild Landschaftsdach (Optigrün)

<sup>50</sup> (Optigrün 2022, S. 72)

<sup>51</sup> (Optigrün 2022)



### 4.3.7 Solargründach

„In einer Zeit, in der fast täglich über den Klimawandel und die Energiewende diskutiert wird, stellt das SOLARGRÜNDACH die perfekte Kombination verschiedener Hilfsmittel zur Lösung dieser Zukunftsfragen dar:

1. Das Gründach zur Verringerung der Erderwärmung und Rückhalt von Starkniederschlägen
2. Die Solarpaneele zur Sicherung der Energieversorgung und Elektromobilität.“ <sup>Oliver Böse<sup>52</sup></sup>

Gewicht	Ab 110kg/m <sup>2</sup> [1,1kN/m <sup>2</sup> ]	Ab 120kg/m <sup>2</sup> [1,2kN/m <sup>2</sup> ]
Systemhöhe	Ab 8cm	Ab 14cm
Dachneigung	0-5°	0-5°
Vegetationsform	Sedum-Sprossen	Sedum-Sprossen
Wasserrückhalt	50-60%	Einstellbar
Spitzenabflussbeiwert	C <sub>s</sub> = 0,4 bis 0,5	Einstellbar
Wasserspeicher	Ca. 25l/m <sup>2</sup>	Ca. 95-150l/m <sup>2</sup>
Kosten	Ab 75€/m <sup>2</sup>	Ab 90€/m <sup>2</sup>
Ökologische Wertigkeit	2+/5	2-5/5
Pflegeaufwand	2+/5	2-5/5
Begrünungsarten	Extensiv	Intensiv

Tab. 13 - Kennwerte Solargründach FKD & WRB (Optigrün)

Die Solargründächer bedienen sich des Synergieeffekts von Dachbegrünung und Photovoltaik-Modulen. (vgl. Kapitel 7.4) Die beiden Ausführungsvarianten unterscheiden sich hauptsächlich in ihrer Dränschicht (FKD = Festkörperdrainage, WRB = Wasserretentionsbox). Bei beiden Varianten sind alle Ausrichtungen der PV-Module, mit einer Neigung zwischen 10 & 20° möglich.<sup>53</sup>



Abb. 15 - Beispielbild Solargründach WRB (Optigrün)

<sup>52</sup> (Optigrün 2022, S. 90)

<sup>53</sup> (Optigrün 2022)

## 4.4 Bewässerungssysteme

Die Notwendigkeit und Art der Bewässerung sind in der DIN EN 1717 und den FLL Bewässerungsrichtlinien geregelt. Die genaue Ausführung (Anzahl, Anschlussart, Wasserdruck, usw.) wird von den Standortbedingungen, bspw. Lage, baulichen Gegebenheiten, Fläche und der angestrebten Vegetationsform bestimmt. Grundsatz ist jedoch, dass mindestens ein, gegen Frosteinwirkung geschützter, Wasseranschluss auf dem Dach vorhanden sein sollte, damit bei Ausfall des gewählten Bewässerungssystems eine manuelle Bewässerung per Gießkanne möglich ist.<sup>54</sup>

Als Ergänzung zum natürlich auftretenden Niederschlag (Zusatzbewässerung), lassen sich verschiedene Systeme mit variierendem Automationsgrad realisieren. So sind eine Bewässerung per Schlauch, Schlauch und Regner, Sprühschlauch, Tropfschlauch, Beregnungsanlage und Wasseranstau über eine Bewässerungsanlage denkbar. Die Automation variiert dabei von manueller Bewässerung durch den Menschen, über eine Regelung per Zeitschaltuhr bis hin zu vollautomatischen Systemen (Sensorik). Bei allen Systemen muss darauf geachtet werden, dass eine manuelle Bewässerung zumindest an allen Stellen, die das gewählte System nicht erreicht, notwendig ist. Zum Beispiel könnten bei der Ausführung als Solargründach (vgl. Kapitel 6.3) die Bereiche unter den PV-Modulen händisch nachbewässert werden müssen. Außerdem sollte bei der Ausführung fest installierter Leitungen darauf geachtet werden, dass diese korrosions- und frostbeständig sind und im Rahmen der Wartung entleert werden können.<sup>55</sup>

Um die Bewässerung möglichst kostengünstig zu gestalten, bietet sich eine Wasserbevorratung an, welche das nötige Bewässerungsvolumen verringert. Dafür kann die Vegetationstragschicht und die Dränschicht mit kornabgestuften, offenporigen Schüttstoffen versetzt werden, welche das Porenvolumen und damit die Wasserkapazität des Aufbaus erhöhen. Alternativ kann auch mit Wasserspeicherplatten/-matten gearbeitet werden, welche in die Dränschicht eingebracht werden. Auch ein flächiger Anstau ist möglich, welcher das Retentionsvermögen des Daches erhöht. Dabei sollte darauf geachtet werden, wie weit zurückgestaut wird, da gegebenenfalls pflanzenphysiologische Nachteile (Staunässe) entstehen können.<sup>56</sup> (vgl. Kapitel 6.1.2)

Bauteil	Kosten [€/Stck.]
Dachbewässerungsautomat	133,39 – 146,32 – 170,91
Stauregler für Dachbewässerung	20,13 – 22,47 – 26,89
Wasserstandsanzeiger	51,15 – 55,77 – 64,48

Tab. 14 - Nettokosten Bewässerungsbauteile (DE - 2022)

---

<sup>54</sup> (FLL 2008)

<sup>55</sup> (FLL 2008)

<sup>56</sup> (FLL 2008)

Neben der Wasserbevorratung von Niederschlag, kann auch im Gebäude anfallendes Abwasser genutzt werden, um die Bewässerungskosten für das Gründach zu senken. Dabei kommt vor allem das Grauwasser (Abwasser aus Duschen, Waschbecken, Waschmaschinen, usw.) zum Einsatz. Wichtig ist, dass kein Schwarzwasser (mit Fäkalien verschmutztes Abwasser) genutzt wird, da dieses erst aufwendig aufbereitet werden müsste. Aber auch die Pflanzenverträglichkeit von Grauwasser sollte geprüft werden, da vor allem in Waschmitteln enthaltene Stoffe, wie Natrium, Salze oder Tenside, pflanzenschädlich wirken können. Um das Risiko zu minimieren, sollten salzverträgliche und pH-tolerante Pflanzen ausgewählt werden. Um welche es sich dabei handelt, kann in der Studie der Universität Weihenstephan zum Thema „Optimierung der Evaporations- und Kühlleistung extensiver Dachbegrünungen durch gezielte Nutzung von Grauwasser“ nachgelesen werden. Eben benannte Studie gelangte auch zum Fazit, dass Grauwässer grundsätzlich zur Bewässerung von Gründächern geeignet sind.<sup>57</sup>

Alternativ zur direkten Nutzung von Grauwasser kann dieses auch vorher aufbereitet werden, um das Schadensrisiko für die Pflanzen weiter zu senken. Außerdem steigt das Leistungspotenzial im Rahmen des Kühleffektes durch erhöhte Verdunstung, wenn Wasser höherer Qualität verwendet wird. Eine Bewässerung mit Trinkwasser bleibt trotzdem aus ökologischer und ökonomischer Sicht weniger sinnvoll, da die Gewinne minimal ausfallen und die sonstigen Nachteile überwiegen. Eine solche Aufbereitung könnte zum Beispiel in Form einer Pflanzkläranlage erfolgen, wie sie auch im Forschungsprojekt der TU Dresden (vgl. Kapitel 8) verwendet wurde.

Obwohl extensiv begrünte Dächer meistens als Trockenstandorte mit Sedum-Begrünung geplant werden, erweist sich eine Bewässerung häufig als sinnvoll. Die Sedumpflanzen haben in den Sommermonaten unter trocken-heißen Bedingungen nur eine geringe Verdunstungsleistung und damit einen geringen Kühleffekt. Dieser erhöht sich zum einen durch eine Bewässerung, da mehr Wasser im Boden gespeichert wird, und zum anderen durch eine angepasste Begrünung mit Kräutern und Gräsern, welche gegenüber Sedumarten ein deutlich höheres Verdunstungspotenzial haben. Dadurch ist es möglich in den Sommermonaten den gewollten Kühleffekt so weit zu steigern, dass dieser deutlich spürbar ausfällt. Zugrunde liegt dabei eine um 25% bis 150% gesteigerte Verdunstungsleistung, wobei die genaue Steigerung abhängig von der Wachstumsphase der Vegetation ist.<sup>58</sup>

Eine genauere Betrachtung zu den Bewässerungsmöglichkeiten eines Gründaches ist in der Studienarbeit zum Thema „Bewässerung von Gründächern“ nachzulesen.<sup>59</sup>

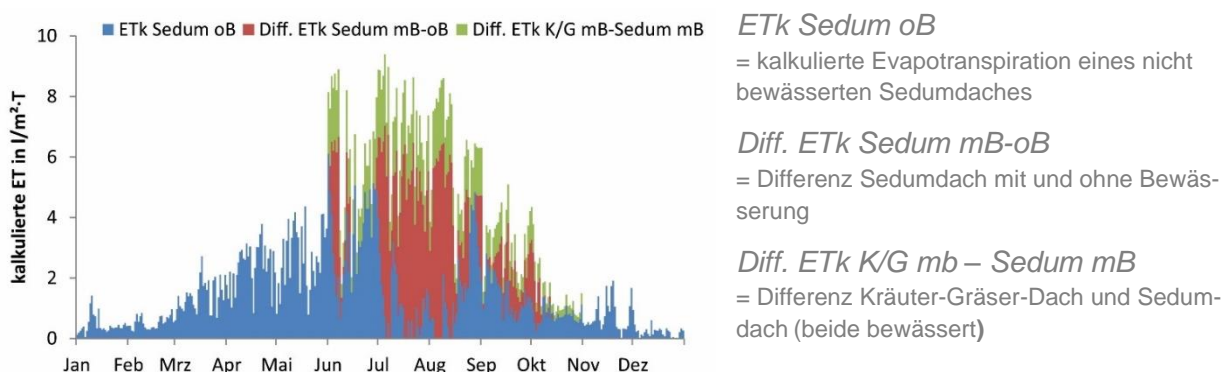


Abb. 16 - kalkulierte Evapotranspirationen verschiedener Gründächer

<sup>57</sup> (Meinken et al. 2015)

<sup>58</sup> (Meinken et al. 2015)

<sup>59</sup> (Kronstein/Liesch 2022)



## 4.5 Entwässerungssysteme

Die für die Entwässerung relevanten Kenngrößen, also die Abflussbeiwerte [ $C_s$ ,  $\Psi_a$ ,  $C_m$ ], werden in Kapitel 6.1.2 unter dem Thema Feuchtespeicher genauer definiert. In den Normen DIN EN 12056-3 und DIN 1986-10 werden die Rahmenbedingungen zu den notwendigen Entwässerungssystemen genauer beschrieben.

Es gibt verschiedene Arten der Entwässerung eines Daches. Beispiele hierfür sind Dachabläufe (inner- und außerhalb der Vegetationsfläche), Entwässerungsrinnen (als innenliegende, Dachrinnen, oder vor Türen) oder Wasserspeicher. In jedem Falle müssen zusätzliche Notüberläufe vorgesehen werden (Ausführungsvariante frei wählbar), welche im Falle eines Starkregenereignisses die Schädigung der Dachkonstruktion, durch zu großen Rückstau, verhindern. Besonders ist dabei zu beachten, dass alle Teilflächen des Daches über Abläufe und eigene Notüberläufe verfügen müssen.<sup>60</sup>

Die Dimensionierung des gewählten Entwässerungssystems erfolgt über die Kenngrößen zu den Abflussbeiwerten nach DIN 1986, welche nach den verschiedenen Begrünungsarten unterscheidet. Da die Gründachaufbauten einen Teil des Wassers zurückhalten, also die Niederschlagsmenge nicht 1:1 durch die Dränschicht abfließt, kann im Vergleich zu konventionellen Dächern meist nicht auf die Selbstreinigungskraft der Systeme gesetzt werden, da der vorhandene Durchfluss zu gering ist. Das heißt, es ist ein größerer Pflegeaufwand in Form einer regelmäßigen Wartung notwendig, welche sich verstärkt, wenn Planungsfehler zu unterschiedlichen Abflussbeiwerten innerhalb des Entwässerungssystems führen. Um das zu vermeiden, sollten verschieden ausgebildete Teilflächen des Daches sowie Wasseranstaufflächen separat voneinander entwässert werden. Umgekehrt ermöglichen die geringeren Abflussbeiwerte aber auch eine geringere Dimensionierung des Systems, was zu Kostenersparnissen führt.<sup>61</sup> (vgl. Kapitel 4.10)

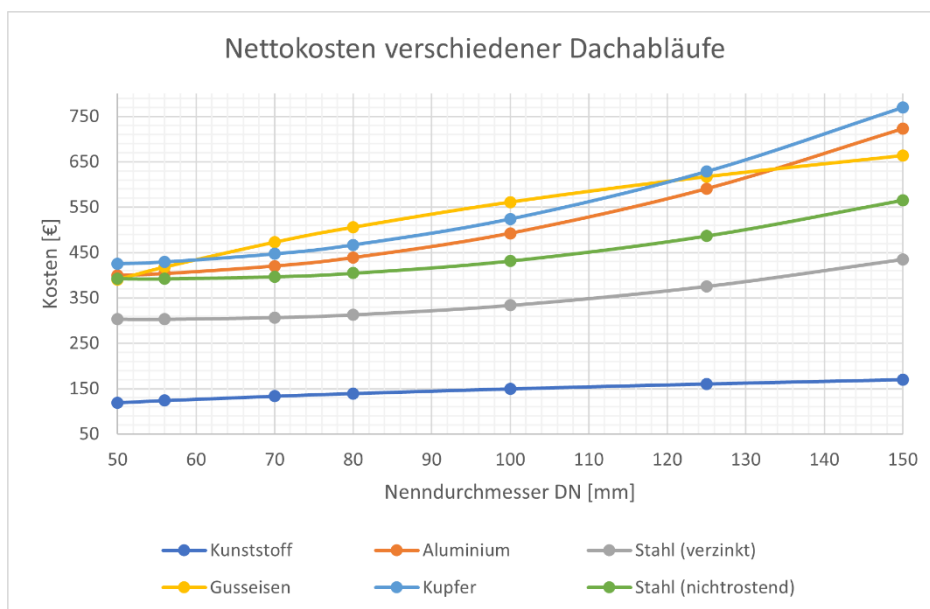


Abb. 17 - Nettokosten Dachentwässerung in Abhängigkeit von Material und Nennendurchmesser (DE - 2022)

<sup>60</sup> (FLL 2008)

<sup>61</sup> (FLL 2008; Minke 2006)

## 4.6 Vegetation

### 4.6.1 Anpflanzungs-/Vegetationsarten

Es gibt verschiedene Vegetationsspezifische Anpflanzungsarten zur Begrünung eines Daches.

Die am weitesten verbreitete Art der Anpflanzung ist das Ausbringen von Saatgut. So werden in der Regel widerstandsfähige Pflanzen wie Wildgräser und Wildkräuter, typisch für extensiv begrünte Dächer, aufgebracht. Die DIN 18917 definiert hierfür sogar sogenannte „Regelsaatgutmischungen“ (RSM) für verschiedene Begrünungsarten (bspw. Rasen). Die Ansaat wird weiterhin in die Nassansaat [2g/m<sup>2</sup>], auch Anspritzbegrünung, und die Trockenansaat [3-8g/m<sup>2</sup>] unterschieden, wobei bei der ersten Klebemittel (bspw. Cellulose, Alginat) zum Einsatz kommen, welche das Saatgut vor Erosion schützen.<sup>62</sup>

Sedumarten, welche ebenfalls häufig auf extensiv begrünten Dächern zu finden sind, werden dagegen als Sprossterteile (gehäckselte Pflanzenteile) aufgebracht. Diese Art der Aufbringung ist trockenresistenter als die klassische Aussaat und lässt die Pflanzen leicht anwachsen. Normalerweise rechnet man mit ca. 40 Sprossen pro Quadratmeter [30 bis 50g/m<sup>2</sup>].<sup>63</sup>

Größere Gewächse, wie beispielsweise Stauden oder Gehölze, werden vor der Aufbringung in Gewächshäusern angezchtet. Dabei wird darauf geachtet, dass die Pflanzen nur mäßig gedüngt werden und sie den „Gütebestimmungen für Stauden“ nach FLL entsprechen.<sup>64</sup>

Alternativ zu den genannten Arten können auch flächige Vegetationsmatten, welche eine sehr einfache Aufbringung ermöglichen, verwendet werden. Hierbei handelt es sich um durch Armierung (Vliese, Netze, Fadengeflechtmatten, etc.) zu 1x1m großen Matten verbundenen Pflanzen, welche auf ein dünnes Substrat aufgelegt werden. Denkbare Vegetationen sind hierbei Moose, Sukkulente, Gräser, Kräuter und Zwiebelpflanzen.<sup>65</sup>

Ein Sonderfall solcher flächigen Begrünungen sind Fertig- bzw. Rollrasen. Dieser kommt auf intensiv begrünten Dächern zum Einsatz und unterliegt den Bestimmungen der DIN 18917 (RSM für Landschaftsrasen mit Kräuterzusaat). Die typischen Abmessungen liegen bei 0,5x1m oder 0,4x2m, wobei die Matten auf ca. 2cm starkes Substrat aufgebracht werden.<sup>66</sup>

Art der Ansaat	Kosten [€/m <sup>2</sup> ]
Trockensaat	0,31 – 0,36 – 0,47
Trockensaat + Klebefixierung	0,31 – 0,36 – 0,48
Nasssaat	0,31 – 0,36 – 0,47
Ausstreuen von Sprossen	2,41 – 2,66 – 3,17
Vegetationsmatte (2cm)	17,95 – 19,75 – 23,23

Tab. 15 - Nettokosten Ansaaten (DE - 2022)

Art der Pflanzung	Kosten [€/Stck.]
Staudenpflanzung	1,13 -1,34 – 1,79
Zwiebelpflanzung	0,21 – 0,24 – 0,32

Tab. 16 - Nettokosten Pflanzungen (DE - 2022)

<sup>62</sup> (Minke 2006)

<sup>63</sup> (Minke 2006)

<sup>64</sup> (Minke 2006)

<sup>65</sup> (Minke 2006)

<sup>66</sup> (Minke 2006)

## 4.6.2 Pflanzenauswahl

Die Auswahl der Vegetation für ein Gründach befasst sich im ersten Schritt vor allem mit den Bedingungen am Standort, sodass die Pflanzen entsprechend den folgenden Kriterien gewählt werden müssen.<sup>67</sup>

- |  |                      |
|--|----------------------|
| → vorhandene Substratstärke & Wasserspeichervolumen      | → Frostbeständigkeit |
| → Dachneigung (Wasserspeicher/-abfluss)                  | → Dürresistenz       |
| → Windexposition (ggf. erhöhte Verdunstung)              | → Wuchshöhe          |
| → Ausrichtung (Sonneneinwirkung abh. V. Himmelsrichtung) | → Polsterbildung     |
| → Anspruchslosigkeit (Nährstoffgehalt Boden)             | → Verschattung       |
| → Niederschlagsmenge (ggf. Regenschatten)                |                      |

Abgesehen von den Standortbedingungen, können die Pflanzen in einem zweiten Schritt auch noch nach dem gewünschten Effekt der Begrünung ausgewählt werden, sodass folgende Faktoren zu berücksichtigen sind.<sup>68</sup>

- |                                       |                 |
|---------------------------------------|-----------------|
| → Wärmedämmwirkung                    | → Schalldämmung |
| → sommerliche Kühlwirkung             | → Pflegeaufwand |
| → optisches Erscheinungsbild/Ästhetik |                 |

## 4.6.3 Vegetationsformen

Die Vegetationsformen sind in erster Linie von der Art der Dachbegrünung abhängig, da diese die Standortbedingungen über den Aufbau der Schichten maßgeblich beeinflusst.

Extensiv begrünte Dächer werden meist als Moos-Sedum, Sedum-Moos-Kraut, Sedum-Kraut-Gras oder Gras-Kraut Begrünungen ausgeführt. Es kommen wie in Kapitel 3.2.2 beschrieben einfache & resistente Pflanzenarten zum Einsatz.<sup>69</sup>

Auf einfach intensiv begrünten Dächern findet man dagegen Gras-Kraut, Wildstauden-Gehölz, Gehölz-Stauden oder Gehölz Begrünungen mit entsprechend höheren Anforderungen.<sup>70</sup>

Intensivbegrünungen zeichnen sich durch nahezu freie Gestaltungsmöglichkeiten (vgl. bodengebundener Garten) aus. Die größte Einschränkung besteht hier bei der Einschränkung der Wuchshöhe von Bäumen. Als Sonderformen hervorzuheben ist der Nutzgarten, welcher die Möglichkeit zur regelmäßigen Neubepflanzung durch Laien aufweist (vgl. Kapitel 6.2.1) Durch die intensive Nutzung ist besonders viel Wert auf den Schutz der unteren Bauteile und eine Absturzsicherung zu legen. Eine weitere Sonderform ist die Rasenbegrünung, welche als Spiel-, Sport- und Repräsentationsfläche genutzt werden kann. Diese ist aufgrund des hohen Wasserbedarfs und empfindlicher Pflanzenauswahl besonders pflegeintensiv.<sup>71</sup>

(vgl. Anhang 16, Anhang 17, Anhang 18)

---

<sup>67</sup> (Minke 2006)

<sup>68</sup> (Minke 2006)

<sup>69</sup> (FLL 2008)

<sup>70</sup> (FLL 2008)

<sup>71</sup> (FLL 2008)

## 4.7 Fertigstellungspflege

Die Fertigstellungspflege stellt die erste von drei Phasen der Gründachpflege dar (vgl. Kapitel 5.2). Ihr Ziel ist es eine zu ca. 60% geschlossene Pflanzendecke auf dem Dach zu erreichen, was in der Regel 12 bis 15 Monate ab der Ansaat dauert.<sup>72</sup>

Teil der Fertigstellungspflege ist die Bewässerung, dazu zählen sowohl die erste Bewässerung parallel zur Startdüngung während der Aussaat, sowie auch gegebenenfalls notwendige Intervallbewässerungen für weiteres Wachstum. Außerdem werden innerhalb dieser Pflegephase Nachbesserungen von Fehlstellen (Nachpflanzung) vorgenommen und unerwünschter Fremdwuchs entfernt, damit das gewünschte Vegetationsbild uneingeschränkt erreicht werden kann.<sup>73</sup>

Wichtig ist es, dass die Pflegephasen schon während der Planung eines Gründaches bedacht werden, da entsprechende Wasseranschlüsse, Zugangsmöglichkeiten und Absturzsicherung vorhanden sein müssen, damit diese korrekt ausgeführt werden kann. Zudem sollten eben diese Pflegeprozesse in Ausschreibungen gegenüber dem ausführenden Unternehmen detailliert beschrieben werden, um Nachträge (Zusatzvergütungen) zu vermeiden.<sup>74</sup>

## 4.8 Bauen im Bestand

Das Nachrüsten von Gründächern auf Bestandsbauten richtet sich maßgeblich nach anderen Faktoren als die Begrünung von Neubauten. Aus diesem Grund kann die Thematik an dieser Stelle nur umrissen werden.

Klar ist, dass ein Gründach gegenüber einem konventionellen Dach viele Vorteile mit sich bringt (vgl. Kapitel 6). Darum ist es häufig im Interesse des Eigentümers prüfen zu lassen, ob sich die vorhandene Bausubstanz zur nachträglichen Begrünung eignet, um von genau dieser Funktionalität zu profitieren.

Grundsätzlich eignen sich für solche nachträglichen Begrünungen, welche als Reparatur- oder Verbesserungsmaßnahme betrachtet werden können, Dächer mit einer Neigung zwischen 3° und 30°, wobei Flachdächer mit ca. 5° Neigung am einfachsten zu begrünen sind. Auf diese muss im ersten Schritt eine wasserdichte und wurzelfeste Dachhaut aufgebracht werden, damit die bestehende Konstruktion nicht durch die Vegetation beschädigt wird.<sup>75</sup>

Bevor das Dach umgebaut werden kann, muss geprüft werden, ob die Tragfähigkeit, entsprechend der zusätzlichen Auflast durch Substrat usw., ausreichend ist. An dieser Stelle gibt es zwei Stellschrauben, damit auch bei geringen Lastreserven eine nachträgliche Begrünung erfolgen kann. Zum einen besteht die Möglichkeit mit einem sehr leichten Gründachsystem (bspw. das Leichtdach der Firma Optigrün, vgl. Kapitel 4.3.2) zu arbeiten. Ist das nicht erwünscht, oder die Lastreserve auch dafür zu gering, kann die Tragfähigkeit häufig auch nachträglich erhöht werden. Hier wäre zum Beispiel das Einbringen weiterer Sparren in einen Dachstuhl denkbar.<sup>76</sup>

Wichtig ist es, das Potenzial, welches in der Erschließung bereits vorhandener Dachflächen liegt, zu erkennen und wahrzunehmen!

---

<sup>72</sup> (Optigrün 2022)

<sup>73</sup> (Minke 2006)

<sup>74</sup> (Optigrün 2022)

<sup>75</sup> (Minke 2006)

<sup>76</sup> (Minke 2006)

## 4.9 Förderungsmöglichkeiten

Für die Förderung von Gründächern gibt es verschiedene Ansätze, welche individuell auf das Bauprojekt angepasst genutzt werden können.

Auf der kleinsten Ebene haben einige Kommunen und Gemeinden verschiedene Förderansätze für Gründächer. Dazu stellt die BuGG regelmäßig Recherchen und Umfragen auf, welche die Entwicklung von angebotenen Förderungen und damit das Interesse der Städte an der Dachbegrünung abbilden. Dabei werden, neben dem Vorhandensein eines Förderprogrammes in Form von direkten Zuschüssen, auch die Festsetzung in Bebauungsplänen, Ökopunkte und eventuelle Vergünstigungen bei der Abwassergebühr abgefragt. Aus diesen Umfragen geht hervor, dass immer mehr Städte Förderungen anbieten, so hatten 2019 nur 19% der angefragten Städte mit mehr als 20.000 Einwohnern ein Förderprogramm, während es 2021 schon 30% waren.<sup>77</sup> (vgl. Anhang 19)

Des Weiteren bieten zwei Bundesländer in Deutschland eigene Förderprogramme zur Dachbegrünung an.

Hamburg hat bis zum Jahr 2024 einen drei Millionen Euro großen Fond bei der Hamburgischen Investitions- und Förderbank (IFB) angelegt, welcher der Begrünung von Dächern dienen soll. Über diese Summe werden private Bauvorhaben zwischen 20 und 100m<sup>2</sup> Nettovegetationsfläche mit 40%, gewerbliche Vorhaben über 100m<sup>2</sup> mit bis zu 50%, unterstützt. Für gewerbliche Vorhaben kommen noch 10€/m<sup>2</sup> und weitere Zuschüsse in Abhängigkeit der Substratstärke, bis zu einer maximalen Fördersumme von 100.000€ dazu. Außerdem können weitere Zuschüsse in Abhängigkeit von Standort, neu erschlossener Fläche, zusätzlichem Energiegewinn, erreichter Abflussverzögerung und nötigen Änderungen an der Statik geleistet werden. Voraussetzungen zur Förderung sind unter anderem die Freiwilligkeit der Maßnahme, eine Nettovegetationsfläche von mindestens 20m<sup>2</sup> und eine Dachneigung von maximal 30°. Diese und alle sonstigen Details zur Gründachförderung in Hamburg sind der entsprechenden Förderrichtlinie zu entnehmen.<sup>78</sup>

Als zweites Bundesland mit eigenem Förderprogramm zu Dachbegrünung ist Bremen zu nennen. Hier hat sich die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau für die Unterstützung freiwilliger Begrünungsmaßnahmen an Neubau und Bestand eingesetzt. Die Zuschüsse erfolgen hier gestaffelt nach ökologischer Qualität, wobei auf erster Stufe 25% der Kosten [ $<25\text{€/m}^2$ ] bis zu einer maximalen Fördersumme von 5000€ und auf zweiter Stufe 30% [ $<30\text{€/m}^2$ ] bis zu 6000€ übernommen werden. Zusätzlich ist eine Förderung von biodiversitätsfördernden Maßnahmen mit weiteren 5€/m<sup>2</sup> möglich. Neben den direkten Zuschüssen können über die Förderbank Bremen/Bremerhaven (BAB) individuelle Kredite im Wert von bis zu 20.000€ genommen werden, welche unter dem Programm „Wasser nach Plan“ laufen. Dabei gelten bessere Bedingungen als bei normalen, nicht zweckgebundenen, Krediten, wie zum Beispiel der Verzicht auf Grundschuldeintragung. Auch hier sind weitere Details den entsprechenden Förder Richtlinien zu entnehmen.<sup>79</sup>

---

<sup>77</sup> (BuGG 2021)

<sup>78</sup> (IFB Hamburg 2020)

<sup>79</sup> (Schaefer 2021)

Deutschlandweit ist eine Förderung durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) oder das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) möglich.

Bei der KfW fällt der Bau eines Gründaches unter die Kategorie einer Dachdämmung. Daraus wird klar, dass beim Nachrüsten bzw. Neubau eines solchen Daches ein U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) von maximal  $0,14\text{W/m}^2\text{K}$  nicht überschritten werden darf, da sonst der zu fördernde Gedanke, einer energetisch effizient aufgestellten Dachdämmung wegfällt. Sind diese Anforderungen erfüllt, kann man über den Kredit 261, 262, in Höhe von bis zu 60.000€ je Wohneinheit, Einzelmaßnahmen (bspw. nachträgliche Begrünung) finanzieren. Auf diesen Kredit wird in Abhängigkeit von seiner Laufzeit (4 bis 30 Jahre) ein effektiver Jahreszins von 2,96% bis 3,09% erhoben. Die Rückzahlung des Kredites erfolgt in Raten nach einer tilgungsfreien Anlaufzeit (1 bis 5 Jahre, abhängig von der Laufzeit), wobei im Bestand ein Tilgungszuschuss von 20%, bei einem Neubau von 50% gewährt wird. Alternativ kann das Bauprojekt über den Zuschuss 461 gefördert werden. Hier werden in Abhängigkeit vom Energiestandard des Gebäudes bis zu 37.500€ je Wohneinheit gezahlt.<sup>80</sup>

Das BAFA unterscheidet in seiner Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) nach Wohngebäuden (WG), Nicht Wohngebäuden (NWG) und Einzelmaßnahmen (EM). Da die Förderung BEG WG und BEG NW, ist lediglich die letzte Kategorie relevant. Hier wird ein Zuschuss in Höhe von 20% gewährleistet, da es sich um ein Vorhaben an der Gebäudehülle handelt. Dazu kommen noch 50% der Kosten für Fachplanung und Baubegleitung im Zusammenhang mit der geförderten Maßnahme. Wichtig ist es, dass eine Förderung nur dann erfolgt, wenn zur Planung der Maßnahme ein Energieeffizienz-Experte herangezogen wurde.<sup>81</sup>

Handelt es sich um ein Solar Gründach, so kann die Bestückung des Daches mit PV Modulen, separat von der Dachbegrünung mit Krediten oder Zuschüssen gefördert werden. Neben den Leistungen einzelner Bundesländer und Kommunen, auf welche hier nicht weiter eingegangen wird, stellt die KfW den bundesweiten Ansprechpartner zur Förderung von Solaranlagen dar. Ergänzend zu den bereits genannten Möglichkeiten (Kredit 261, 262 & Zuschuss 461), welche auch zur Finanzierung von Photovoltaik genutzt werden können, kommt der Kredit 270 aus dem Paket der Erneuerbaren Energien hinzu. Im Rahmen des Kredites 270 werden bis zu 50 Mio. Euro bzw. 100% der Investitionskosten gefördert (Vorhabensabhängig), wobei der Kredit mit einem effektiven Jahreszins von 3,08% zurückgezahlt wird. Weitere Informationen sind den Informationsseiten der KfW zu entnehmen.<sup>82</sup>

---

<sup>80</sup> (KfW 2022a)

<sup>81</sup> (Bafa 2022)

<sup>82</sup> (KfW 2022b)

## 4.10 Einsparungen

Unter den Einsparungen bei den Investitionskosten werden alle Vergünstigungen, egal ob direkt oder indirekt, welche zusätzlich zur Förderung durch Dritte erzielt werden können, gelistet. In Kapitel 5.3 erfolgt eine ähnliche Betrachtung unter dem Thema der laufenden Kosten. Die meisten Einsparungsmöglichkeiten lassen sich aus der Funktionalität (vgl. Kapitel 6) ableiten.

Eine dieser Funktionen ist die Wärmedämmeigenschaft eines Gründaches. Je nachdem wie stark diese in Abhängigkeit des Dachaufbaus ausgebildet ist, kann bei der darunterliegenden Dachdämmung gespart werden. Dazu eignet sich vor allem die Verwendung von Dränplatten mit festgelegter Wärmedämmwirkung, damit die entsprechenden Nachweise für eine ausreichende Dämmung der Außenhülle des Gebäudes geführt werden können. Außerdem kann gegebenenfalls auf Maßnahmen zur Kühlung des Gebäudes verzichtet werden, da eine Dachbegrünung auch sommerlichen Wärmeschutz bietet. Definitiv können diese aber geringer dimensioniert werden, sodass sich die Investitionskosten nicht nur für die Dämmung, sondern auch für die entsprechende technische Gebäudeausstattung (TGA) reduzieren. (vgl. Kapitel 6.1.1)

Neben der geringeren Dimensionierung von Dämmung und Kühlungsanlagen, können auch die Entwässerungssysteme des Gebäudes kleiner ausgeführt und entsprechend Kosten reduziert werden (vgl. Abb. 17). Durch die geringeren Abflussbeiwerte wird der Durchfluss des Entwässerungssystems so weit reduziert, dass eine normale Ausbildung (klassischer Rohrdurchmesser eines vergleichbaren unbegrünten Gebäudes) wenig sinnvoll, wenn nicht sogar schädlich sein kann. Bei geringerem Durchmesser ist es möglich den Durchfluss so weit zu erhöhen, dass eine Selbstreinigung des Systems weiterhin möglich ist. (vgl. Kapitel 6.1.2)

Da ein Gründach im Allgemeinen eine harte Bedachung darstellt, sind keine weiteren Maßnahmen zum Brandschutz nötig, sodass auch diese den Investitionskosten entgegenwirken. (vgl. Kapitel 6.1.3)

Zuletzt erfolgt eine indirekte Einsparung durch die Wertsteigerung der Immobilie (vgl. Kapitel 6.2). Neben der repräsentativen Begrünung, welche das gesamte Image des Gebäudes verbessert und es damit zu einem attraktiven Standort für Wohnen und Arbeit macht, wirkt sich hier vor allem die neu erschlossene Fläche positiv aus. Normalerweise muss für zusätzliche Fläche eine Grunderwerbssteuer gezahlt werden. Diese fällt bei einem Gründach weg, da die Fläche bereits vorhanden ist und lediglich im Rahmen der Begrünung ertüchtigt wird. Wie in Kapitel 5.3 beschrieben, wirkt sich dieser Flächenzusatz ebenfalls positiv auf die laufenden Kosten aus.

## 5 Unterhaltungskosten

Unter Unterhaltungskosten sind alle Kosten zu verstehen, die nach der Erstellung des Werkes, in diesem Falle des Gründaches, anfallen. Damit sind die Kosten der Arbeiten, welche Qualität und Funktionalität des Gründaches sichern, gemeint.

### 5.1 Bewässerungssysteme

Die laufenden Kosten eines Bewässerungssystems sind abhängig von der Art des Systems. Vor allem aber vom gesamten Fördervolumen, also wie oft und wie viel bewässert wird. Dazu kommt, ob Trinkwasser (teuer), oder Wasser aus anderen Quellen (Regen-, Grauwasser) genutzt wird. (vgl. Kapitel 4.4)

Neben den ökologischen Faktoren der Trinkwassernutzung zur Bewässerung, wird sich diese über einen längeren Betrachtungszeitraum immer als teurer herausstellen, da Trinkwasser beim Anbieter bezahlt werden muss. Im Jahr 2019 zahlte man in Deutschland durchschnittlich ca. 1,75€/m<sup>3</sup> (mit Grundentgelt von ca. 83,97€/a) bzw. 2,16€/m<sup>3</sup> (ohne Grundentgelt).<sup>83</sup> Im Gegensatz dazu fallen alternative Systeme meist in den ersten Jahren, durch erhöhte Investitionskosten teurer aus, werden aber über den gesamte Lebenszyklus deutlich günstiger, da das Wasser ohne weiteren Aufwand, außer Stromkosten für Pumpen und Wartung der Systeme, zur Verfügung steht. Die Kosten für die Ressource selbst sinken auf null. Im zweiten Halbjahr 2021 lag der durchschnittliche Strompreis in Deutschland für private Haushalte (2.500 bis 5.000 kWh) bei ca. 32,34ct/kWh und für industrielle Abnehmer (2.000 bis 20.000 MWh) bei ca. 16,42ct/kWh.<sup>84</sup>

Außerdem steigen die Kosten der Bewässerung mit zunehmendem Automationsgrad der Anlage. Nicht nur die Investitionskosten für das leistungsfähigere System sind erhöht, sondern auch die Kosten für Wartung und Instandhaltung. Dazu kommt, dass hoch spezialisierte Technik, welche für einen hohen Grad der Automation notwendig ist, häufig schadensanfälliger ist als einfachere Ausführungsvarianten.

Zuletzt sind die Kosten für die Bewässerung abhängig von der Größe der Dachfläche und der gewählten Begrünungsart, da bei mehr Biomasse folglich auch mehr Wasservolumen benötigt wird.

Es ist wichtig die Bewässerungsart soweit auf das Gründach und den angestrebten Nutzen anzupassen, dass eine individuell kosteneffiziente Lösung entsteht. Dabei sollte auf eine Verhältnismäßigkeit von Begrünung und Bewässerung geachtet werden. Beispielsweise ist es wenig sinnvoll eine riesige Dachfläche eines Unternehmens händisch zu bewässern, oder das wenige Quadratmeter große Vordach eines Wohngebäudes mit fortschrittlichster Technik auszustatten.

Auch zu diesem Themenkomplex finden sich weitere Erläuterungen in der Studienarbeit zum Thema „Bewässerung von Gründächern“.<sup>85</sup>

---

<sup>83</sup> (Destatis 2020)

<sup>84</sup> (Destatis 2022)

<sup>85</sup> (Kronstein/Liesch 2022)



## 5.2 Pflanzenpflege

Die Pflanzenpflege gliedert sich, wie in Kapitel 4.7 beschrieben, in 3 Phasen. Die Fertigstellungspflege (erste Pflegephase) wurde in benanntem Abschnitt bereits genauer erläutert und ist als Teil der Herstellung des Werkes den Investitionskosten zu zuordnen.

An zweiter Stelle steht die Entwicklungspflege, deren Ziel eine protektive Bodenbedeckung durch Pflanzen von ca. 90% ist. Sie dauert ca. zwei bis vier Jahre an, wobei der Zeitaufwand stark von Vegetationsform, Schichtaufbau, Dachneigung, usw. abhängig ist.<sup>86</sup>

Abschließend erfolgt im dritten Schritt die Unterhaltungspflege. Sie beginnt mit Erreichen der Zielvegetation und dauert über die gesamte Lebenszeit des Daches an. Im Durchschnitt erfolgen zwei bis vier Pflegegänge pro Jahr, wobei auch diese Angabe abhängig von der Begrünungsart ist. Die Unterscheidung des Umfangs/Aufwandes in Abhängigkeit der Vegetationsform wird im Folgenden kurz erläutert.<sup>87</sup>

Bei Extensiven Dachbegrünungen (vgl. Kapitel 3.2.2) ist in der Regel keine Unterhaltungspflege notwendig, allerdings werden zumindest ein bis zwei Kontrollgänge pro Jahr empfohlen, bei denen Fehlstellen nachgesät, sowie Fremdvegetation und Verunreinigungen entfernt werden. Wichtig ist es bei extensiven Begrünungsformen festzulegen, ob die Eigenentwicklung durch fremdbewuchs (Wildwuchs) erlaubt oder gar wünschenswert ist. Sollte dies der Fall sein, reduziert sich der Pflegeaufwand immens.<sup>88</sup>

Die Instandhaltungsleistungen von Intensiv Begrüntem Dächern sind aus der DIN 18919 [Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Instandhaltungsleistungen für die Entwicklung und Unterhaltung von Vegetation (Entwicklungs- und Unterhaltungspflege)] zu entnehmen. Da es hier um bodengebundene Pflanzgebiete geht, müssen die Anforderungen sinngemäß übertragen werden. In der Regel sind drei bis zehn Pflegegänge pro Jahr einzuplanen, deren Umfang sich an den folgenden Aufgabenfeldern orientiert:<sup>89</sup>

- |  |                   |
|--|-------------------|
| → Lockern/Säubern der Pflanzenfläche   | → Wässern         |
| → Entfernen von unerwünschtem Aufwuchs | → Düngen          |
| → Entfernen von Unrat                  | → Pflanzenschutz  |
| → Verankerungen Nachrichten/Entfernen  | → Mulchen         |
| → Kontrolle Be-/Entwässerung           | → Schnitтарbeiten |
| → Winterschutzmaßnahmen                | → Laub entfernen  |
| → Säubern von Rinnen/Abläufen/etc.     | → Mähen           |

Bei Rasenflächen, einer Sonderform der Intensiven Dachbegrünung, sind wöchentliche Pflegegänge während der Vegetationsperiode notwendig, bei welchen besonders viel Wert auf Bewässerung und Nährstoffzufuhr gelegt wird und bspw. Vertikulierung, Aerifizierung und Besandung erfolgen.<sup>90</sup>

Einfach Intensive Begrünungsformen siedeln sich im Aufwand zwischen den beschriebenen Varianten an.

---

<sup>86</sup> (Optigrün 2022)

<sup>87</sup> (FLL 2008; Optigrün 2022)

<sup>88</sup> (Minke 2006; FLL 2008)

<sup>89</sup> (FLL 2008; Optigrün 2022)

<sup>90</sup> (FLL 2008)

Begrünungsart	Pflegegänge pro Jahr	Kostenrichtwert [€/m <sup>2</sup> * Jahr]
Extensiv	1 bis 2	0,5 bis 2,00
Einfach Intensiv	2 bis 4	-
Intensiv	3 bis 10	4,00 bis 10,00

Tab. 17 - Kostenkennwerte Unterhaltungspflege

### 5.3 Einsparungen

Allgemein werden durch Gründächer verschiedene Einsparungen erzielt. Zum einen wird die Lebensdauer des Daches, durch die zusätzliche Schutzebene, verlängert (vgl. Kapitel 6.1.3), folglich sind weniger Reparaturen notwendig, es entstehen somit weniger Kosten als bei einem konventionellen Dach. Zum anderen kann der neu erschlossene qualitative Wohnraum (vgl. Kapitel 6.2) auf begehbaren Gründächern über einen höheren Mietpreis Einnahmen erzielen, die den Kosten entgegenwirken und somit eine indirekte Einsparung sind. Ähnelt die Dachfläche im Rahmen des „Urban Farming“ einer gewerblichen Kulturfläche, werden auch über diesen Ansatz weitere Einnahmen erzielt. Sollte das Dach zusätzlich noch über PV-Module verfügen, kommt es hier über den Synergieeffekt (vgl. Kapitel 6.3) zu einer Ertragssteigerung, welche der Versorgung des Gebäudes zugutekommt, oder über Einspeisung in das Stromnetz Einnahmen erzielt.

Außerdem kommt es durch das verbesserte Dämmverhalten (vgl. Kapitel 6.1.1) und die Verdunstungskühlung zu Ersparnissen im Betrieb des Gebäudes. (Verringerter Heiz-/Kühlenergiebedarf). Gerade in Zeiten großer Hitze, wie wir sie heute immer wieder erleben werden reduzierte Kühlkosten zunehmend relevant. Vor allem die Möglichkeit ohne größere technische Gebäudeausstattung zu klimatisieren ist attraktiv für ein energieeffizientes Gebäude. Bereits 2013 wurden 35% Ersparnis bei den Kühlkosten über die Verdunstung und Verschattung der Fassadenbegrünung des Consorcio in Santiago de Chile und der 20%-igen sommerlichen Energieeinsparung eines spanischen Wohnhauses (nach Alcazar & Bass, 2005) angegeben.<sup>91</sup>

*„Als Faustwert können etwa 3 bis 5 mm pro Quadratmeter am Tag verdunstet werden. Das heißt, dass bei nur 3 mm Verdunstungsleistung 300 l Wasser auf 100 m<sup>2</sup> Dach- oder Fassadenfläche verdunstet. Das entspricht einer freigesetzten Energie von 200 kWh/ Tag. Würde man diese Kälte mittels typischer Air Conditioning Anlagen erzeugen, entspräche das beim heutigen durchschnittlichen Strompreis etwa 20 Euro / Tag.“ (Stand 2013)<sup>92</sup>*

Der größte und am besten zu erfassende Faktor ist die vergünstigte Abwassergebühr in vielen Städten. Mit der Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG (WRRL), welche die Grundlage für eine einheitliche Wasserpolitik in Europa zur effizienten Nutzung der Ressource bildet, wurde die „Gesplittete Abwassergebühr“ (GAG) eingeführt. Sie hat zum Inhalt, dass die Entsorgungsgebühren von Regenwasser und Schmutzwasser getrennt erhoben werden. Daraus folgt, dass die Gebühren geringer ausfallen, wenn das Regenwasser nicht direkt in die Kanalisation eingeleitet wird, also auf dem Grundstück versickert, verdunstet oder zurückgehalten/gespeichert wird.<sup>93</sup>

Weitere Strategien neben der Dachbegrünung sind die Flächenversickerung auf Freiflächen des Grundstücks, Mulden-, Rigolen- und Schachtversickerung, sickerfähige Beläge und entsprechende Kombinationen der Ansätze. Die versiegelte Fläche auf einem Grundstück ist zu minimieren ist.<sup>94</sup>

<sup>91</sup> (Mann 2013a)

<sup>92</sup> (Mann 2013a, S. 23)

<sup>93</sup> (GaLaBau 2009)

<sup>94</sup> (GaLaBau 2009)

## Rechenbeispiele zur GAG:

„Grundstückseigentümer bezahlen bei Einleitung von Regenwasser in die städtischen Kanäle künftig nach Quadratmeter angeschlossener Fläche - außer sie verdunsten, versickern oder nutzen den Niederschlag auf dem eigenen Grundstück per Gründach, Sickermulde, Teich oder Zisterne.“

Basisdaten	Früher	Ohne Modifikation	Mit Modifikation
Grundstücksfläche	1400 m <sup>2</sup>	1400 m <sup>2</sup>	1400 m <sup>2</sup>
Abflusswirksam	700 m <sup>2</sup>	700 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
Nicht Abflusswirksam	700 m <sup>2</sup>	700 m <sup>2</sup>	1400 m <sup>2</sup>
Trinkwasser	250 m <sup>3</sup> /a	250 m <sup>3</sup> /a	150 m <sup>3</sup> /a
Trinkwassergebühr	2,64 €/m <sup>3</sup>	2,64 €/m <sup>3</sup>	2,64 €/m <sup>3</sup>
Abwasser	250 m <sup>3</sup> /a	250 m <sup>3</sup> /a	200 m <sup>3</sup> /a
Abwassergebühr	3,65 €/m <sup>3</sup>	2,25 €/m <sup>3</sup>	2,25 €/m <sup>3</sup>
Niederschlagswasser	700 m <sup>2</sup>	700 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
Niederschlagsgebühr	0,00 €/m <sup>2</sup>	1,40 €/m <sup>2</sup>	1,40 €/m <sup>2</sup>
<b>Gesamtkosten</b>	<b>1.572,50 €/a</b>	<b>2.202,50€</b>	<b>846,00 €/a</b>

Tab. 18 - Rechenbeispiel Einsparung durch GAG (Einfamilienhaus)

In einem Einfamilienhaus auf einem 1400m<sup>2</sup> großen Grundstück, können jährlich ca. 725€ (durch Gründach und Flächenversickerung) eingespart werden, welche zur Refinanzierung oder Instandhaltung des Gründachs verwendet werden können.

Basisdaten	Früher	Ohne Modifikation	Mit Modifikation
Grundstücksfläche	6000 m <sup>2</sup>	6000 m <sup>2</sup>	6000 m <sup>2</sup>
Abflusswirksam	5700 m <sup>2</sup>	5700 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
Nicht Abflusswirksam	300 m <sup>2</sup>	3700 m <sup>2</sup>	6000 m <sup>2</sup>
Trinkwasser	2.500 m <sup>3</sup> /a	2.500 m <sup>3</sup> /a	1000 m <sup>3</sup> /a
Trinkwassergebühr	2,64 €/m <sup>3</sup>	2,64 €/m <sup>3</sup>	2,64 €/m <sup>3</sup>
Abwasser	2.500 m <sup>3</sup> /a	2.500 m <sup>3</sup> /a	2.500 m <sup>3</sup> /a
Abwassergebühr	3,65 €/m <sup>3</sup>	2,25 €/m <sup>3</sup>	2,25 €/m <sup>3</sup>
Niederschlagswasser	5700 m <sup>2</sup>	5700 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
Niederschlagsgebühr	0,00 €/m <sup>2</sup>	1,40 €/m <sup>2</sup>	1,40 €/m <sup>2</sup>
<b>Gesamtkosten</b>	<b>15.725,00 €/a</b>	<b>20.205,00€</b>	<b>7.460,00 €/a</b>

Tab. 19 - Rechenbeispiel Einsparung durch GAG (Gewerbegrundstück)

Auf einem 6000m<sup>2</sup> großen Gewerbegrundstück, können jährlich ca. 8.265€ (durch Gründach und Flächenversickerung) eingespart werden, welche zur Refinanzierung oder Instandhaltung des Gründachs verwendet werden können.

## 5.4 Mehrkosten in kritischen Phasen

Mehrkosten sind im Rahmen dieser Arbeit als, durch äußere Einflüsse, zusätzliche, über die Berechnung oder das übliche Maß hinausgehende Unterhaltungskosten des Gründachs, zu verstehen. Sie begründen sich in der Beeinträchtigung funktioneller Substanzen oder Prozesse.

Bei Schädlingsbefall wird die Vegetation in Form absterbender bzw. kranker Pflanzen beeinträchtigt. Die fehlende Biomasse hat einen signifikanten Leistungsabfall zur Folge, da sie und die dazugehörige Blattoberfläche Grundlage für einen Großteil des Nutzwertes der Dachbegrünung sind (vgl. Kapitel 6). Um einem Totalausfall durch Schädlingsbefall vorzubeugen, kann zum einen regelmäßiger Pflanzenschutz zum Bestandteil der Pflegegänge gemacht werden, zum anderen kann das Dach mit möglichst großem Artenreichtum ausgestattet werden, um den Befall durch einen einzelnen spezialisierten Schädling abzupuffern.

Neben Schädlingen können auch Wetterextreme dem Dach schaden. In der Regel sind Gründächer allerdings besser gegenüber Starkregenereignissen oder extremer Hitze aufgestellt als unbegrünte Dächer, da die zusätzliche Aufbaudicke entsprechenden Schutz bietet (vgl. Kapitel 6.1.3). Auch Wind hält ein begrüntes Dach unter Voraussetzung vollständiger Durchwurzelung der Vegetationstragschicht besser Stand als ein unbegrüntes Dach. Schlussfolgernd sind Schäden durch Wetterereignisse im Rahmen der besonderen Mehrkosten eines Gründachs zu vernachlässigen. Hinzu kommt, dass diese meist durch die Versicherungen gedeckt werden.

Neben dem Gründach selbst, können aber auch Nebenanlagen von Extremsituationen beeinträchtigt werden. So wirken sich Hitzeperioden bzw. Wasserknappheit entsprechend negativ auf Grauwasseranlagen aus. Da die hohen Temperaturen die Verdunstung erhöhen und der fehlende Niederschlag einen Wassermangel auf dem Dach zur Folge haben, reicht die Dimensionierung der verbauten Anlage im Sommerextremfall eventuell nicht aus. Als Konsequenz wird eine händische Zusatzbewässerung mit Trinkwasser notwendig, sodass sowohl erhöhte Ressourcenkosten als auch Personalkosten anfallen. Um diesem Szenario vorzubeugen, sollte der Speicher der Grauwasseranlage bzw. analog der gewählten Kläranlage etwas überdimensioniert werden, um in Extremsituationen nicht direkt geleert zu werden. Allerdings sollte bei der Dimensionierung die Wirtschaftlichkeit berücksichtigt werden, da Extremfälle nach wie vor die Ausnahme darstellen und sonst die Investitionskosten unverhältnismäßig hoch werden.

Auch ein verminderter Wasserverbrauch innerhalb des Gebäudes kann dazu führen, dass das geförderte Wasservolumen der Grauwasseranlage nicht zur Bewässerung des Daches ausreicht. Gründe dafür könnten zum Beispiel eine temporäre Mindernutzung (Ferien, Sanierung, o.ä.) oder gar eine Nichtnutzung (Pandemie) des Gebäudes sein. Die Konsequenzen ähneln dabei denen einer Hitzeperiode, da das grundlegende Problem des Wassermangels das Gleiche bleibt. Lösungsansätze sind hier, neben einem größeren Speichervolumen, die Sicherstellung der kontinuierlichen Gebäudenutzung. Da das allerdings mit kaum einem Nutzungstypen zu gewährleisten ist, bietet sich häufig das Zusammenschalten mehrerer Funktionen eines Quartiers an. Durch die Verkettung ergänzen sich bspw. Arbeitsstätten und Wohnräume in ihren Nutzungszeiten so, dass ein ständiger Wasserfluss gegeben ist.

## Praxisfall Forschungsprojekt

Im Forschungsprojekt (vgl. Kapitel 8) wurde die verwendete Pflanzkläranlage nach dem Wasserverbrauch der Jahre 2017/2018 dimensioniert. Die im Keller liegenden Sozialräume erreichten dabei einen Durchschnittswert von circa 555 l/d, wobei 80% davon (400 l/d) schätzungsweise dem Grauwasseranteil entsprachen. Aus den seit 2019 erfassten, ausgeleiteten Grauwassermengen geht jedoch hervor, dass die erwarteten Werte kaum erreicht wurden. Es vielen durchschnittlich lediglich 133 l/d an (vgl. Abb. 18).<sup>95</sup>

Die Gründe hierfür sind vor allem die Pandemie. Dies führte sowohl zu personellen Einschränkungen im botanischen Garten, sowie Nutzungseinschränkungen und dem Duschverbot innerhalb der Sozialräume im Kellergeschoss. Die ergriffenen Maßnahmen sind dabei Teil des Hygienekonzeptes zur Eindämmung der Pandemie. Außerdem wurde in der ersten Hälfte des Jahres 2021 das Duschen erneut verboten, da Legionellen im Wasser nachgewiesen wurden.<sup>96</sup>

Aus der Abbildung geht außerdem hervor, dass in den warmen Sommermonaten ein erhöhtes Grauwasseraufkommen vorliegt, sodass in den Bewässerungsrelevanten Monaten die Wasserversorgung grundsätzlich gesichert ist.

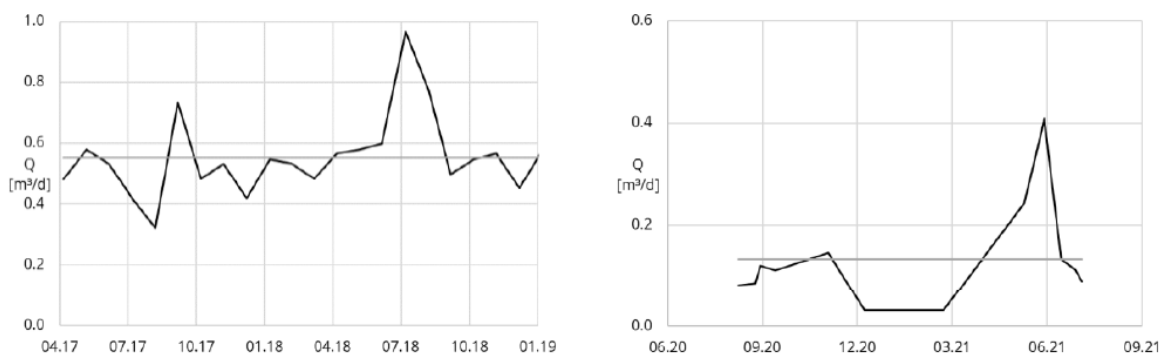


Abb. 18 - Gegenüberstellung der erwarteten (links) und gemessenen (rechts) Abflusswerte

<sup>95</sup> (Lohaus et al. 2021)

<sup>96</sup> (Lohaus et al. 2021)

## 6 Nutzwert von Gründächern

Für die meisten Funktionen eines Gründachs sind Blattoberfläche bzw. die damit eng verknüpfte Biomasse entscheidend. Diese ergeben sich aus der Dichte sowie der Dicke des Bewuchses, welche zusammen die Begrünungsart ergeben, bzw. der gewählten Vegetation. Typische Kennwerte sind für einen gemähten Rasen ca. 6 bis 9 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> und für eine ungemähte Wiese ca. 225m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, im Vergleich dazu weist eine bodengebundene Parkanlage inklusive der Wege nur 10m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> auf.<sup>97</sup>

### 6.1 Messbarer Nutzen

#### 6.1.1 Bauklimatischer Nutzwert

##### Schallschutz

Ein Gründach wirkt schallschützend, da diese Funktion auf Masse, welche eine Begrünung in Form von Auflast (Substrat, usw.) und Biomasse mit sich bringt, beruht. Die dicken Aufbaustärken im Vergleich zu einer konventionellen Dachdeckung können die Schallwellen absorbieren und in kinetische Energie umwandeln, sodass sie nicht mehr vom Menschen wahrgenommen werden können und der Ort entsprechend ruhiger erscheint.

Außerdem kommt es an den unregelmäßigen Oberflächen der Vegetation zur Streuung der Schallwellen (Deflektion). Dies führt zu einer ruhigeren Wirkung, da die Schallwellen weniger gerichtet und damit in abgeschwächter Form am Ohr ankommen.<sup>98</sup>

Schlussfolgernd verringert sich der wahrgenommene Verkehrslärm in einem von Gründächern umgebenen Straßenraum. So verweist bereits Mürb, im Jahre 1981, auf die Abnahme des Lärmes um ein begrüntes Krankenhaus in Karlsruhe um 2 bis 3 dB. Darüber hinaus beschreibt er eine verstärkte Pufferung besonders unangenehm hoher Frequenzen.<sup>99</sup>

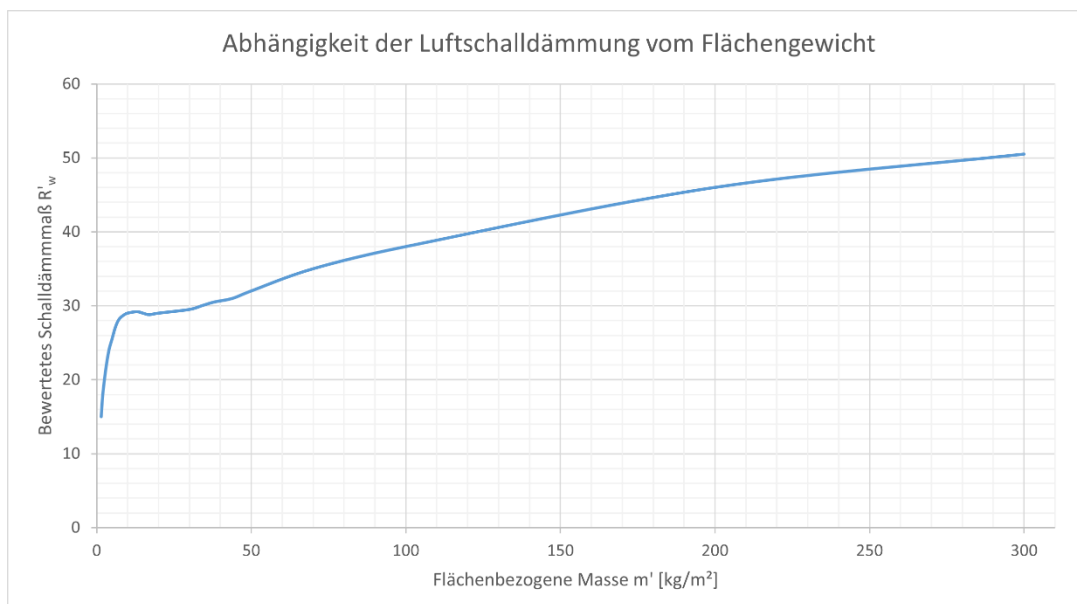


Abb. 19 - Bewertetes Schalldämmmaß in Abhängigkeit der Flächenbezogenen Masse

<sup>97</sup> (Minke 2006)

<sup>98</sup> (Minke 2006)

<sup>99</sup> (Mürb 1981)

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass eine 12cm dicke Erdschicht einer Schalldämmwirkung von ca. 40dB entspricht. Bei Verstärkung auf eine Dicke von 20cm steigt der Wert auf ca. 46dB an. Wichtig ist, dass der Großteil des Schallschutzes auf Absorption (Masse) und damit stärker auf das Substrat im Vergleich zur Bepflanzung zurückzuführen ist. Das Potenzial zur Streuung geht dagegen hauptsächlich von den Pflanzen aus, steht aber im gesamten Kontext im Hintergrund. Das bewertete Schallschutzmaß ist in Abb. 19 dargestellt.<sup>100</sup>

Neben dem allgemeinen Schallschutz verbessert eine Dachbegrünung auch die Trittschalleigenschaften. Die Gründe sind dabei die gleichen, wie bereits beschrieben.

### **Wärmedämmwirkung**

Die Wärmedämmwirkung eines Gründaches setzt sich aus verschiedenen Faktoren zusammen, welche alle in direktem Zusammenhang mit der Begrünungsart stehen, sodass eine intensivere Begrünung im Allgemeinen den größeren Effekt hat.

Zunächst spielt die Wärmespeicherkapazität des Wassers in Substrat (Porenvolumen) und Pflanzen eine große Rolle. Hierbei ist es wichtig anzumerken, dass ein Gründach in Abhängigkeit seines Wassersättigungsgrades unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten und damit ein anderes Dämmverhalten aufweist.

Außerdem wirkt das Luftpolster, welches sich zwischen einer möglichst dichten Pflanzendecke ausbildet, wärmedämmend. Wie bei einem herkömmlichen Dämmstoff, wird die Luft hier zwischen den Pflanzen gehalten (analog Luftporen) und das Gebäude profitiert von der geringen Wärmeleitfähigkeit des Luftvolumens.

Neben den genannten Faktoren reduzieren sich die Wärmeverluste des Gründaches gegenüber einem konventionellen Dach. Die Strahlungswärmeverluste werden durch Absorptions- und Reflexionsprozesse an der Blattoberfläche klein gehalten. Die Konvektion, hauptsächlich durch Wind, wird durch die Bepflanzung ebenfalls reduziert, da der Wind keine Freifläche zum Angreifen hat. Da bei konventionellen Gebäuden mit entsprechender Höhe ca. 50% der Wärmeverluste durch Konvektion hervorgerufen werden können, sorgt die Begrünung in diesem Aspekt für einen immensen Ausgleich.<sup>101</sup>

Auch das grundsätzliche Temperaturverhalten der Dachoberfläche verändert sich (vgl. Wärmeschutz). Durch Ausgleich der Tag-Nacht-Schwankungen & den Latentspeichereffekt werden die Transmissionswärmeverluste um ca. 50% reduziert.<sup>102</sup>

Werden in der Planung bereits Dränplatten mit anerkanntem Wärmedämmwert verwendet, ist eine Reduzierung der Dämmung im darunter liegenden Dachaufbau möglich (vgl. Kapitel 4.10). Beispiele hierfür sind nach Dürr Graspolster mit  $\lambda=0,17\text{W/mK}$  und erdfeuchtes Substrat mit  $\lambda=0,6\text{W/mK}$ . Ist das nicht der Fall, kann als Faustregel angenommen werden, dass 10cm Substrat ca. 1cm klassischem Dämmstoff entsprechen.<sup>103</sup>

---

<sup>100</sup> (Minke 2006)

<sup>101</sup> (Minke 2006)

<sup>102</sup> (Minke 2006)

<sup>103</sup> (Minke 2006; Mann 2013a a)

## Wärmeschutz

Der Wärmeschutzeffekt eines Gründachs kann im Sommerfall als zusätzliche Dämmleistung des Gebäudes betrachtet werden und mindert im größeren Kontext die Überhitzung der Umgebung (bspw. Städtische Wärmeinseln).

Eine Kombination aus Verschattung, Verdunstungskühlung, Reflexion und Absorption sorgt dafür, dass die Temperaturen im Erdreich des Gründachaufbaus nicht über 20°C steigen. Auf dieser Grundlage sind die Temperaturdifferenzen zwischen Tag und Nacht auf einem Gründach mit ca. 20K (10K an der Dachabdichtung) deutlich geringer als jene auf einem unbegrüntem Dach, welche bei ca. 50K liegen.<sup>104</sup>

Neben den Tag-Nacht-Schwankungen werden ebenfalls die Differenzen zwischen Sommer (Wärmeschutz) und Winter (Wärmepuffer/-dämmwirkung) reduziert. So sorgt zum Beispiel der Latentspeichereffekt dafür, dass die Substratschichten nur sehr selten unter 0°C abkühlen, da beim Gefrierprozess Wärme frei wird. Dazu kommt außerdem die Wärmefreigabe der Wurzelatmung im Winter und in der Nacht, wobei diese, aufgrund des geringen Anteils, meist zu vernachlässigen ist.<sup>105</sup>

Neben der Verschattung der Gebäudeoberfläche, welche sie vor direkter Sonneneinstrahlung schützt, ist die Verdunstungskühlung sowohl für Gebäude als auch Umgebung der wichtigste Faktor. Dieser Kühleffekt tritt sowohl im Rahmen der Photosynthese der Vegetation als auch bei der regulären Verdunstung des gespeicherten Wassers auf (vgl. Kapitel 6.1.2). Dabei kann bis zu 90% der einwirkenden Sonnenenergie verwertet werden. Als grundlegende Annahme gilt, dass bei der Verdunstung von einem Liter Wasser ca. 2,2MJ [530kcal] umgesetzt werden. Das entspricht einer Verdunstungskälte von 680kWh. Dadurch kann es zu Abkühlungen von mehreren Grad Celsius kommen, was eine Überhitzung verhindert. So weisen unbegrünte Dächer im Durchschnitt eine 36-67% erhöhte Temperatur gegenüber ihrer Umgebung auf, wobei Temperaturen um die 50°C auftreten können. Im Vergleich dazu üben Gründächer einen Kühleffekt von ca. 25°C aus und erhitzen sich in ihrem Inneren, wie bereits beschrieben, meist nicht über 20°C.<sup>106</sup>

Die Bewässerung (vgl. Kapitel 4.4) der Gründächer trägt dabei unmittelbar zu einer gesteigerten Verdunstung und damit einem höheren Kühleffekt bei. Nicht nur kann der mit Wasser gesättigte Boden mehr verdunsten, auch können Arten mit erhöhtem Verdunstungspotenzial angepflanzt werden, da die Gefahr der Austrocknung durch die Bewässerung umgangen wird.<sup>107</sup>

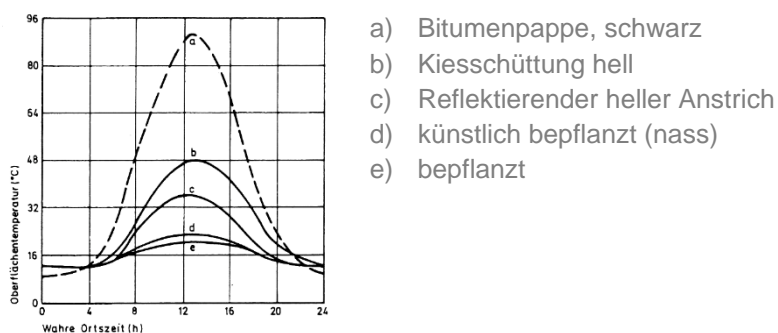


Abb. 20 - Temperaturverläufe unterschiedlicher Flachdachoberflächen

<sup>104</sup> (Minke 2006; Mann 2013a a)

<sup>105</sup> (Minke 2006)

<sup>106</sup> (Minke 2006; Mann 2013a a)

<sup>107</sup> (Meinken et al. 2015)



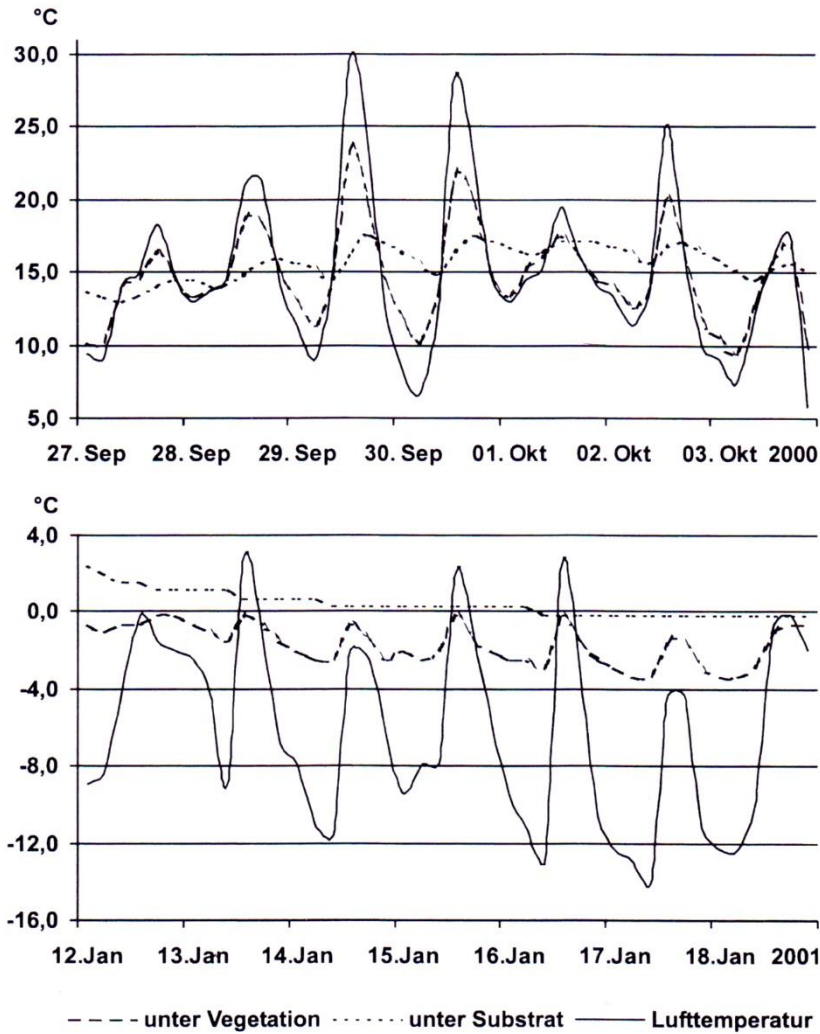


Abb. 21 - Temperaturverlauf für den Herbstfall (oben) und Winterfall (unten) eines Gründachs mit 16cm Leichtsubstrat

### Schutz vor Elektromog/Mobilfunkstrahlung

Ähnlich wie bei der Schallschutzwirkung wirkt die Masse des Gründachaufbaus Strahlungsdämpfend, sodass im begrünten Gebäude die Frequenzbereiche des Mobilfunknetzes und schnurloser Telefone nur abgeschwächt nachweisbar sind.<sup>108</sup>

<sup>108</sup> (Optigrün 2022)

## 6.1.2 Ökologischer Nutzwert

### Luftreinigung

Die Vegetation reinigt die Luft über zwei separat zu betrachtende Prozesse. Der bekanntere von beiden ist die Sauerstoffproduktion im Rahmen der Photosynthese. Während der Wachstumsphase der Begrünung wird Kohlenstoffdioxid aus der Luft aufgenommen und mit Wasser und Lichtenergie von der Pflanze in Glucose und Sauerstoff umgewandelt. Mit dem Absterben der Pflanze wird der aufgenommene Kohlenstoff langfristig in der Pflanze gebunden.

Zu dem Kohlenstoffdioxid-Bindungsvermögen von verschiedenen Pflanzen wurden bereits mehrere Untersuchungen unternommen (vgl. Tab. 20 & Tab. 21). Diese gelangten zu der grundsätzlichen Erkenntnis, dass das aufgenommene Volumen von der vorhandenen Biomasse und dem gewählten Substrat proportional abhängig ist. Folglich variiert das Aufnahmevermögen mit der Jahreszeit, da die Biomasse jahreszeitlich schwankt. Als Vergleichswert dient hier immer der Monat mit der größten Biomasse.<sup>109</sup>

Da sowohl Biomasse als auch Substratstärke auf intensiv begrünten Dächern größer sind als auf extensiv begrünten Dächern, ist das Bindungsvermögen hier deutlich größer. Beispielsweise kann eine Stauden-Gehölze-Rasen-Begrünung mit 24t/ha die doppelte Menge an CO<sub>2</sub> im Vergleich zu einem extensiv begrünten Moos-Sedum Dach (12t/ha) aufnehmen.<sup>110</sup>

Begrünungsart	Vegetation	CO <sub>2</sub> Aufnahme [t/ha]	CO <sub>2</sub> Aufnahme [kg/m <sup>2</sup> ]	Gebundener C [t/ha]
Extensiv	Sedum	Bis 9,4	Bis 0,9	Bis 2,6
	Gras	Bis 7,3	Bis 0,7	Bis 2,0
	Moos	Bis 14,7	Bis 1,5	Bis 4,0
Intensiv	Bäume	13,8	1,4	3,8
	Wildmischung/Stauden	Bis 44	Bis 4,4	Bis 12,0
	Wiesen	Bis 19,1	Bis 1,9	Bis 5,2
	Sedum	Bis 8,8	Bis 0,9	Bis 2,4
	Moos	Bis 22,0	Bis 2,2	Bis 6,0

Tab. 20 - Kohlenstoffdioxid-Bindungsvermögen verschiedener Vegetationen

Begrünungsart	Vegetationsform	CO <sub>2</sub> Aufnahme [t/ha]	CO <sub>2</sub> Aufnahme [kg/m <sup>2</sup> ]	Gebundener C [t/ha]
Extensiv	Moos-Sedum (1:1)	12,0	1,2	3,3
	Moos-Sedum-Kraut (2:1:1)	11,4	1,1	3,1
	Sedum-Gras-Kraut (2:1:1)	8,4	0,8	2,3
	Gras-Kraut (1:1)	7,3	0,7	2,0
Intensiv	Stauden-Gehölze-Rasen (1:1:2)	24	2,4	6,6
	Stauden-Gehölze-Bäume (2:1:1)	29	2,9	7,9
	Rasen	19,1	1,9	5,2

Tab. 21 - Kohlenstoffdioxid-Bindungsvermögen verschiedener Vegetationsformen

<sup>109</sup> (Herfort/Tschuikowa/Ibañez 2012)

<sup>110</sup> (Herfort/Tschuikowa/Ibañez 2012)

Ähnlich wie Kohlenstoffdioxid werden auch Aerosole beziehungsweise gasförmige Schadstoffe von der Begrünung absorbiert. Unter dieser Voraussetzung können Gründächer sogar Schwermetalle binden.<sup>111</sup>

Außerdem binden Pflanzen neben gasförmigen Stoffen noch weitere kleine Partikel aus der Luft, da diese an der Blattoberfläche hängen bleiben und anschließend von Regen in den Boden gespült werden. Dieser Effekt tritt an Blättern ohne Mikrorauigkeit verstärkt auf. Durch diesen Effekt kann ein 19m<sup>2</sup> großes, extensiv begrüntes Dach in etwa so viel Feinstaub binden wie ein mittelgroßer Straßenbaum, also ca. 85kg/ha pro Jahr.<sup>112</sup>

Bei Untersuchungen zum Feinstaubbindungsvermögen verschiedener Begrünungsvarianten werden die Partikel nach Fraktionen (Größenordnung) unterschieden. Besonders viel Wert ist dabei auf die Fraktion 2,5 zu legen, da diese für den Menschen am schädlichsten sind. Außerdem wird nach der Dauer (Einwirkungszeitraum und Windgeschwindigkeit) der Staubexposition unterschieden. Ergebnis dieser Untersuchungen ist, dass im Rahmen extensiver Dachbegrünungen Sedum-Bepflanzungen am meisten Feinstaub [PM<sub>10</sub>: 1,4 bis 9,8kg pro Jahr | PM<sub>2,5</sub>: 1,0-8,8kg pro Jahr] binden. Ein konventionelles Schotterdach bindet dagegen nur 1,1 bis 7,3kg der Fraktion 10 und 0,8 bis 6,6 kg der Fraktion 2,5 pro Jahr. (Fläche = 1000m<sup>2</sup>)<sup>113</sup>

Neben der Bindung verschiedenster Stoffe verringern Gründächer außerdem die Staubaufwirbelung und wirken damit präventiv der Luftverschmutzung vor. Dieser Effekt beruht auf der ausgebreiteten Thermik durch weniger stark erhitzte Dachoberflächen (vgl. Kapitel 6.1.1) Das heißt abgelagerte Staub- und Schmutzpartikel verbleiben auf dem Boden und es bilden sich keine Schmutz- bzw. Dunstglocken.<sup>114</sup>

Dachdeckung	Aufnahme PM <sub>10</sub> [%]	Aufnahme PM <sub>2,5</sub> [%]
Schotter	17,81	4,91
Moos	21,21	8,11
Sedum	20,71	20,16
Sedum-Gras-Kraut	20,90	3,29

Tab. 22 - Staubaufnahme verschiedener Dachdeckungen in 90 Minuten

Dachdeckung	Aufnahme PM <sub>10</sub> [%]	Aufnahme PM <sub>2,5</sub> [%]
Schotter	52,81	52,77
Moos	34,05	34,01
Sedum	72,51	72,49
Sedum-Gras-Kraut	29,66	29,63

Tab. 23 - Staubaufnahme verschiedener Dachdeckungen in 6 Stunden

<sup>111</sup> (Minke 2006)

<sup>112</sup> (Gorbachevskaya/Herfort 2012)

<sup>113</sup> (Gorbachevskaya/Herfort 2012)

<sup>114</sup> (Minke 2006)

## Feuchtespeicher

Bevor die Feuchtespeicherkapazität von Gründächern genauer erläutert werden kann, gilt es die folgenden Kenngrößen zu etablieren:

Die maximale Wasserkapazität „gibt den Wassergehalt eines Stoffes nach vorlaufender Wassersättigung und anschließendem zweistündigem Abtropfen an.“<sup>115</sup>

Die Wasserdurchlässigkeit [mod  $K_f$ ] „[ist die Größe,] die den Durchfluss in Längen- und Zeiteinheit im verdichteten und wassergesättigten Zustand angibt, [...]“<sup>116</sup>

„Abflussbeiwerte werden bei Berechnungen von Niederschlagsabflüssen verwendet um das unterschiedliche, von der Beschaffenheit der Dachfläche abhängige Abflussverhalten, zu berücksichtigen. Durch die Abflussbeiwerte werden die zum Abfluss kommenden prozentualen Anteile von Regenmengen einer bestimmten Zeiteinheit ermittelt.“<sup>117</sup> Man unterscheidet nach:

„Spitzenabflussbeiwerte  $C_s$  nach DIN 1986-100 für die Berechnung der abflusswirksamen Fläche zur Bemessung von Dachabläufen und Leitungsquerschnitten und Überflutungsnachweisen. Sie geben das Verhältnis einer Bemessungsregenspende zum Regenwasserabfluss innerhalb der Zeitdauer der Regenspende wieder.“

„Jahresabflussbeiwerte  $\Psi_a$  sind Kennwerte zur Beurteilung des tatsächlichen Wasserrückhalts durch Dachbegrünung im jahreszeitlichen Ablauf bei freier Bewitterung, als Maß des Jahresretentionsvermögen.“

„Mittlere Abflussbeiwerte  $C_m$  nach DIN 1986-100 für die Berechnung des Volumens von Niederschlagswasserrückhalteräumen.“<sup>118</sup>

Zu berücksichtigen ist, dass sich die angegebenen Abflussbeiwerte [C oder  $C_s$ ] der Dächer auf den Spitzenabfluss beziehen.

Gründächer wirken Abflussverzögernd, was bedeutet, dass Niederschlag, der auf ein Gründach trifft, nicht auf direktem Wege abgeleitet wird, sondern langsamer als bei konventioneller Dachdeckung abfließt. Dadurch werden die Kanalsysteme vor allem bei Starkregenereignissen oder langanhaltendem Regen entlastet. Die DIN 1986-100 gibt für Extensivbegrünungen mit einer Aufbaustärke unter 10cm einen Spitzenabflussbeiwert von 0,5 an, bei mehr als 10cm dicke oder einer intensiven Begrünung sinkt der Wert auf 0,3, wobei spezielle Dachaufbauten (vgl. Kapitel 4.3.4) die Abflussspende einstellbar gestalten lassen.<sup>119</sup>

Aufbaudicke [cm]	Spitzenabflussbeiwert $C_s$ (Dachneigung bis 5°)	Spitzenabflussbeiwert $C_s$ (Dachneigung größer 5°)
> 50cm	0,1	-
25 - 50	0,2	-
15 - 25	0,3	-
10 bis 15	0,4	0,5
6 bis 10	0,5	0,6
4 bis 6	0,6	0,7
2 bis 4	0,7	0,8

Tab. 24 - Spitzenabflussbeiwerte in Abhängigkeit von Aufbaustärke und Dachneigung

<sup>115</sup> (FLL 2008, S. 57)

<sup>116</sup> (FLL 2008, S. 57)

<sup>117</sup> (FLL 2008, S. 17)

<sup>118</sup> (FLL 2008, S. 17)

<sup>119</sup> (Minke 2006; Optigrün 2022)

Um die Wasserrückhaltefähigkeit eines Gründaches zu beschreiben, muss neben der Verzögerungswirkung auch auf die Pufferwirkung eingegangen werden. Das Niederschlagsvolumen fließt nicht nur verzögert ab, sondern auch in geringerer Menge. Das heißt, dass restliche Volumen verbleibt auf dem Dach und wird dort gespeichert. Die Menge ist abhängig von der maximalen Wasserspeicherkapazität der verwendeten Stoffe und eventuellen zusätzlich eingeplanten Retentionsvolumina. Für ein extensiv begrüntes Dach kann eine Speicherwirkung von 35l/m<sup>2</sup> für ein intensiv begrüntes Dach 45l/m<sup>2</sup> angenommen werden.<sup>120</sup> (Genauere Kennwerte für die beschriebenen Systemlösungen von Optigrün, siehe Anhang 15)

Die eigentliche Retention ergibt sich aus der Differenz aus Niederschlag und Abfluss im Zeitraum eines Jahres. Das heißt der Jahresabflussbeiwert [ $\Psi_a$ ] ist die Kenngröße, welche Rückschlüsse auf die gesamte Pufferwirkung eines Gründaches ermöglicht. Aus diesem Grund wird der Wert in der Abwassersatzung auch analog als Versiegelungsfaktor genutzt, denn je höher der Jahresabflussbeiwert ist, desto geringer ist die Pufferwirkung (Wasserspeicherkapazität), was wiederum für einen hohen Versiegelungsgrad spricht (oberflächlicher Abfluss). Bei dieser Art von Betrachtung ist es allerdings wichtig zu berücksichtigen, dass die Abflussminderung im Sommer aufgrund höherer Temperaturen und erhöhter Verdunstungsleistung höher ist als im Winter.<sup>121</sup>

Ist eine zusätzliche Retentionsleistung innerhalb der Siedlungswasserwirtschaft wünschenswert, kommen Retentionsdächer (vgl. Kapitel 4.3.4) zum Einsatz. Bei dieser Art von Dach wird eine zusätzliche Schicht im Begrünungsaufbau vorgesehen, welche Wasser anstaut, speichert und (ggf. kontrolliert) verzögert ablässt. Es ist dabei wichtig eine dauerhafte Vernässung der Begrünung zu vermeiden, damit keine Wurzelfäule entsteht. Außerdem sollte das Dach ohne Gefälle ausgebildet werden, damit der Einstau auf der Abdichtung ohne Probleme erfolgen kann. Auch die maximale Wasserkapazität sollte als Zusatzlast in der Statik des Gebäudes berücksichtigt werden. Zuletzt muss die Funktion der Not-/Entwässerung unabhängig von der Retentionsfunktion gewährleistet werden, um eine Schädigung des Gebäudes zu verhindern.<sup>122</sup>

Begrünungsart	Aufbaudicken [cm]	Wasserrückhaltung, Jahresmittel [%]	Jahresabflussbeiwert $\Psi_a$ (Versiegelungsfaktor)
Extensiv	2 bis 4	40	0,6
	4 bis 6	45	0,55
	6 bis 10	50	0,5
	10 bis 15	55	0,45
	15 bis 20	60	0,4
Intensiv	15 bis 25	60	0,4
	25 bis 50	70	0,3
	≥ 50	≥ 90	≤ 0,1

Tab. 25 - Jahresabflussbeiwerte in Abhängigkeit von Begrünungsart und Aufbaustärke

<sup>120</sup> (Minke 2006; Mann/Klinger 2015)

<sup>121</sup> (FLL 2008)

<sup>122</sup> (FLL 2008)

Die Wasserrückhaltefähigkeit ist damit Grundlage für das Einhalten lokaler Einleitbeschränkungen in die Kanalisation (vgl. Kapitel 5.3). Außerdem kann das gespeicherte Wasser wieder in den natürlichen Wasserkreislauf gelangen. Durch Evaporation und Transpiration gelangt das Wasser in gasförmiger Form wieder in die Atmosphäre und kann zirkulieren, statt wie herkömmlich, in der Kanalisation unerreichbar für natürliche Prozesse abzufließen. Dazu kommt, dass das gespeicherte Wasser die Verdunstungsleistung (vgl. Kapitel 6.1.1) des Daches verstärkt. Das heißt, desto höher die Speicherwirkung, desto höher ist auch die Verdunstungskühlung. Genau diesen Ansatz verfolgt auch das Konzept der Schwammstadt, wenn es um die Prävention von Wärmeinseln im urbanen Raum geht.<sup>123</sup>

Die Wiedereinbringung in den natürlichen Wasserkreislauf sorgt außerdem für feuchteregulierende Eigenschaften eines Gründachs. Sodass die Verdunstung an trockenen Tagen für eine höhere relative Luftfeuchtigkeit und damit für ein angenehmeres Klima sorgt. Außerdem kommt es auf Gründächern im Vergleich zur sonstigen Stadt verstärkt zur Tauwasserbildung, welche für verschiedenste Kleinlebewesen relevant ist.<sup>124</sup>

### **Entsiegelung**

Die Entsiegelung der Dachfläche ist nicht nur Grundlage für die Wasserrückhaltefähigkeit des Daches, sondern wertet dessen Funktionalität auch im rechtlichen Sinne auf. Ein begrüntes Dach leistet nach §1 Baugesetzbuch, der Bodenschutzklausel, einen Beitrag zum sparsamen Umgang mit Grund und Boden. Beispielhaft kann hier eine Extensivbegrünung mit 10 bis 15cm Höhe genannt werden, welche fünf- bis zehnmal so viel Blattoberfläche, welche wie bereits erläutert Grundlage einiger Nutzwerte ist, wie eine vergleichbare Parkanlage schafft. Außerdem werden Gründächer als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme nach §8 Bundesnaturschutzgesetz anerkannt. Sie können die an anderer Stelle durch ein Bauvorhaben versiegelte Fläche ausgleichen. Dazu kommt, dass einzelne Städte bei Dachbegrünung sogar eine Überschreitung der sonst gültigen Grundflächenzahl (GRZ) erlauben.<sup>125</sup>

### **Ausgleichsfläche für zerstörten Lebensraum**

Ein Gründach ist als „eingriffsmindernde Maßnahme“ im Rahmen der Eingriffs-Ausgleichs-Regelung zu verstehen. Das heißt es bietet eine Bezugsfläche bzw. artenreiche Lebensräume, in Form von Rast-, Nist-, und Futterstellen, für die verdrängte Fauna und Flora. Genannte Flächen werden von den Tieren sowohl dauerhaft als auch temporär genutzt.<sup>126</sup>

Ein Sonderfall stellt das Biodiversitäts Gründach dar. Immer wieder gab es Forschungen zum Extremstandort Dach, welche den Umgang mit den Standortfaktoren (Stadtklima, exponierte Lage, fehlender Bodenanschluss, usw.) thematisierten. Die Antwort darauf war das Biodiversitätsdach in Form eines aufgewerteten extensiv bzw. einfach intensiv begrüntes Daches mit hoher Struktur- und Pflanzenvielfalt. Basis dafür sind drei Zusammenhänge. Erstens sorgt eine artenreichere Vegetation für eine artenreiche Fauna, da einzelne Tiere teilweise spezialisiert auf bestimmte Pflanzen sind. Zweitens sorgt ein dickerer Schichtaufbau für mehr Bodentiere, da schlichtweg mehr Platz und Ressourcen vorhanden sind. Drittens ziehen eben diese Bodentiere Jagdtiere wie beispielsweise Vögel an, welche das Dach weiter beleben.<sup>127</sup>

---

<sup>123</sup> (FLL 2008; Optigrün 2022)

<sup>124</sup> (Minke 2006)

<sup>125</sup> (Minke 2006)

<sup>126</sup> (Optigrün 2022; FLL 2008)

<sup>127</sup> (BuGG 2020a)

*„Aufgrund der vorliegenden Forschungsergebnisse kann kein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Vegetationsaufbringung, Flächengröße, Alter, Dachhöhe und der Besiedlung durch Tiere festgestellt werden. Das heißt, auch junge oder sehr hoch gelegene Gründächer werden schon bald von Tieren genutzt. Als wichtigster Faktor für eine (artenreiche Besiedlung gilt die Habitatqualität (Pflanzen- und Strukturvielfalt). Die Tiere erreichen die Dächer aktiv (also eigenständig) oder passiv (durch Windverbreitung oder tierische bzw. menschliche Vektoren).“<sup>128</sup>*

Die Leistungsfähigkeit ist von sechs eher allgemein gehaltenen Faktoren abhängig. Die Strukturdiversität (Vielfalt) ist dabei der wichtigste Punkt. Davon bestimmt wird zum Teil auch die Vegetationsform als Unterpunkt der Strukturdiversität. Sie beeinflusst maßgeblich das langfristige Überleben der Bodenfauna. Um entsprechende Vielfalt zu schaffen ist außerdem ein Minimalareal notwendig, sodass auch die Flächengröße entscheidend für die Leistungsfähigkeit eines Gründaches ist. Auch das Umfeld des Dachs nimmt Einfluss, da ähnliche Biotoptypen in direkter Nähe die Besiedlung beschleunigen können. Weniger ausschlaggebend, aber nicht zu vernachlässigen sind das Alter, mit Einfluss auf das Entwicklungsstadium der Vegetation, und die Dachexposition, welche bestimmte Tiergruppen begünstigen kann. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass extensiv begrünte Dächer eher temporär genutzt werden (Spinnen, Wildbienen, o.ä.), während intensiv begrünte Dächer langfristig, bspw. zum Überwintern oder Rückzugsmöglichkeit vor der Sommerhitze genutzt werden. Alle begrünten Dächer bieten weiterhin Schutz für urbane Vogelarten (Haussperling, Amsel, Meisen, etc.) vor Jagdtieren wie Katzen oder Füchsen.<sup>129</sup>

Begrünungsart	Vegetationsform	Artenzahl Laufkäfer	Artenzahl Wildbienen	Artenzahl Bodentiere
Extensiv	Moos-Sedum	3	17	0,2
	Sedum-Gras-Kraut	-	-	0,9
	Gras-Kraut	-	-	1,2
Aufgewertet extensiv	Sedum-Kraut-Gehölze	3	23	4,4
Einfach Intensiv	Wildstauden-Gehölze	17	27	7,2
Intensiv	Hohe Stauden und Sträucher	5	19	6,7

Tab. 26 - Artenzahlen in Abhängigkeit der Vegetationsform

<sup>128</sup> (BuGG 2020a, S. 9)

<sup>129</sup> (BuGG 2020a)

Zur Planung und Gestaltung eines Biodiversitätsdachs werden sogenannte Biodiversitätsbausteine, also gestalterische Maßnahmen, zugrunde gelegt, welche der BuGG wie folgt definiert:

- variable Substrathöhen
  - Substratauflagen (10 bis 20cm, zum Pflanzen dauerhaft blühender Stauden)
  - Substratanhügelungen (30 bis 40cm, zum Pflanzen anspruchsloser Gehölze)
    - Nutzung durch Bodentiere (Rückzugsort/Frostschutz)
- langer Blühzeitraums (April bis Oktober)
  - Nahrungsversorgung von Insekten
- gezielte Pflanzenauswahl
  - Anpassung an heimische Insekten/Vögel
- andersartige Mikrohabitate
  - Sandflächen, Totholzhaufen, Steinhaufen, Wasserflächen
    - vielfältiges Angebot an Nistplätzen und Rückzugsorten
    - ggf. Unterstützung durch industriell gefertigte Nisthilfen <sup>130</sup>

Bei deren Umsetzung nennt die BuGG folgende Planungshinweise:

- Umsetzung der Bausteine auf min. 20-30% der
- verschiedene Bausteine über gesamte Dachfläche verteilen (Anhäufungen vermeiden)
- sinnvolle Kombination der Bausteine (bspw. Anhügelungen + Steine/Totholz)
- Anordnung, welche effiziente Instandhaltung ermöglicht
- Verwitterungssicherheit (vor allem Verwehungen durch Wind)
- Konflikte mit TGA des Gebäudes vermeiden <sup>131</sup>

Auch der Gründachhersteller Optigrün definiert verschiedene Biodiversitätsbausteine und deren Auswirkungen:

Auch der Hersteller stellt die Modellierung der Substratfläche und das Arbeiten mit Wasserflächen, Totholz, Nistplätzen und Sand-/Kiesflächen in den Vordergrund. Ergänzend benennt er den optischen Effekt eines so variabel gestalteten Dachs auf das menschliche Auge, welches die Landschaft viel mehr in Verbindung mit Natur bringt. Außerdem hebt er die erhöhte Verdunstungskühlung, welche durch angelegte Wasserflächen erzeugt wird, hervor. Zusammenfassend erhöht die Ausbildung als Biodiversitätsdach die Leistungsfähigkeit eines Gründachs. <sup>132</sup>

*„Die fünf wichtigsten Biodiversitäts-Bausteine können kombiniert aber auch einzeln eingesetzt werden, dabei kommt es darauf an welches Ziel mit der Maßnahme erreicht werden soll. Von der einfachen Aufwertung eines extensiven Gründachs über den Einsatz als Ausgleichs- oder Minderungsmaßnahme bis hin zum Nachbau von Biotopen für besonders schützenswerte Tierarten ist alles möglich.“<sup>133</sup>*

---

<sup>130</sup> (BuGG 2020a)

<sup>131</sup> (BuGG 2020a)

<sup>132</sup> (Optigrün 2022)

<sup>133</sup> (Optigrün 2022, S. 137)



### 6.1.3 Baukonstruktiver Nutzwert

#### Verlängerte Lebensdauer

Aus dem 2. Bauschadensbericht des Bundesministeriums für Raumordnung geht hervor, dass ca. 80% der Flachdächer nach fünf Jahren Lebensdauer beschädigt sind. Eine Maßnahme gegen eine so frühzeitige Schädigung des Dachaufbaus ist die Begrünung, welche eine nahezu unbegrenzte Lebensdauer aufweist.<sup>134</sup>

Der wichtigste Faktor ist dabei der Temperaturschutz den ein Gründach aufweist. Wie in Kapitel 6.1.1 beschrieben, ist das Risiko eines Gründaches zu überhitzen deutlich geringer. Beispielwerte hierfür sind 100K große Temperaturschwankungen über einer Bitumenbahn zwischen Sommer- und Winterfall, welche sich über einem begrünten Dach auf 30K reduzieren lassen.<sup>135</sup> Die daraus resultierend Minderbeanspruchung durch thermische Ausdehnungs- und Kontraktionsprozesse sorgt dafür, dass das verwendete Material deutlich weniger Schadensanfällig, durch bspw. Rissbildung in Dachabdichtungen, ist. Dazu kommt, dass sich dieser temperaturschützende Effekt in den tiefer liegenden Schichten des Dachaufbaus noch verstärkt, sodass die maßgeblichen Bauteile (Abdichtung, Dämmung und Tragkonstruktion) sogar noch geringerer Beanspruchung ausgesetzt sind, als die oben liegenden Schichten.

Des Weiteren schützt der Gründachaufbau die Konstruktion vor Witterungsbedingten Schäden durch extreme Sonneneinstrahlung (Hitze), Frost (Kälte), Regen, UV-Einstrahlung, Wind und Ozon. Er bildet eine mechanische, chemische und biologisch wirksame Schutzschicht oberhalb der maßgeblichen Bauteile aus, sodass übliche Schadensbilder wie Blasenbildung und Verkrustung nicht auftreten.<sup>136</sup> Dazu kommt ein guter Schutz vor Nutzungsbedingten Schäden, da der Nutzer nicht im direkten Austausch mit der eigentlichen Dachkonstruktion steht. Das gleiche Prinzip lässt sich auf durch Tiere hervorgerufene Schäden übertragen.

Jedoch ist es wichtig auf die korrekte Ausführung der Begrünung zu achten, da sonst neue Schadensbilder, welche man nicht auf konventionellen Dachdeckungen findet, ergeben. Stichwort ist hier vor allem der Durchwurzelungsschutz (vgl. Kapitel 4.2.6), welcher die Unterkonstruktion vor Schäden durch die darüberliegende Vegetation schützt. Außerdem muss bei intensiv genutzten Dächern (vor allem bei Gartennutzung) darauf geachtet werden, dass der Nutzer bei seinen Arbeiten nicht aus Versehen wichtige Schichten, wie die Abdichtungsebene oder den Durchwurzelungsschutz, beschädigt.

#### Brandschutz

Begrünte Dächer werden grundsätzlich als Flugfeuersicher & harte Bedachung klassifiziert. Sie sind nicht brennbar, wenn die folgenden Anforderungen erfüllt werden. Für extensive Begrünungen wird ein Substrataufbau von mindestens drei Zentimetern vorausgesetzt, welcher einen organischen Anteil von 20% nicht übersteigen darf. Von Dachdurchdringungen und aufgehenden Bauteilen mit einer Höhe über 80cm muss ein Vegetationsfreier Abstand von 50cm eingehalten werden. Intensive Dachbegrünungen unterstehen den gleichen Anforderungen und dürfen durch ihre Vegetation keine erhöhte Brandlast aufweisen.<sup>137</sup>

Genauer regelt das Brandverhalten die jeweilige Landesbauordnung (vgl. Anhang 2)

---

<sup>134</sup> (Minke 2006)

<sup>135</sup> (Minke 2006)

<sup>136</sup> (FLL 2008; Minke 2006)

<sup>137</sup> (Minke 2006; FLL 2008)

## 6.2 Nicht messbarer Nutzen

### 6.2.1 Benefits für den Benutzer

Die Vorteile für den Benutzer lassen sich nur schwer in Zahlen erfassen und werden sehr individuell gewichtet, sind allerdings trotzdem wichtiger Bestandteil des Nutzwertes von Gründächern. Gerade im Marketing oder der Vermietung spielen die Aspekte des Nutzerkomforts, usw. eine große Rolle, die sich gegebenenfalls wertsteigernd auf die Immobilie auswirken können.

An erster Stelle steht die ästhetische und psychologische Wirkung von Gründächern. Eine Vielzahl von Studien setzt sich seit Jahren mit dem Zusammenhang von grüner Umgebung und Wohlbefinden des Menschen auseinander. Diese Erkenntnisse können auch auf die Dachbegrünung übertragen werden. So wirkt die natürliche Schönheit der Vegetation grundsätzlich wohltuend auf den Menschen. Die belebtere Umgebung soll depressiven Stimmungen vorbeugen und die Leistungsbereitschaft des Betrachters erhöhen, sodass sich gerade eine Begrünung von Bürogebäuden oder sonstigen Arbeitsstätten lohnt. Je nach Gemütslage kann die Begrünung beruhigend oder anregend wirken, sodass der Betrachter in der Regel einen ausgeglicheneren Gemütszustand erreicht. Zusammenfassend wirkt sich eine Begrünung von Dächern auf Anwohner und Nachbarn aus und führt zu einer Aufwertung des Quartiers.<sup>138</sup>

Neben den visuellen Eindrücken, die ein Gründach zu bieten hat, wirkt es sich auch in seiner Geruchswahrnehmung positiv auf den Nutzer aus. Nicht nur reinigt es die Luft, wie in Kapitel 6.1.2 beschrieben, die Düfte von Wildkräutern und sonstiger Begrünung werden zusätzlich als angenehm empfunden. Vor allem im direkten Vergleich mit einer Bitumenbahn, welche unter großer Hitze ausdunstet und dabei unangenehm riecht und sich sogar gesundheitsschädlich auswirken kann, erfolgt hier eine große Qualitätssteigerung.<sup>139</sup>

Kombiniert mit der gliedernden, raumbildenden und akzentuierenden Wirkung von Vegetation und Grünflächen verbessert das Gründach außerdem das übergreifende Stadt- und Landschaftsbild. Auch Wohn- und Arbeitsumfeld werden durch den erlebbaren und benutzbaren Raum aufgewertet.<sup>140</sup>

Sonderstellung in der Nutzung von Gründächern stellt das „Urban Farming“ dar. Hier wird das Gründach mit Nutzpflanzen begrünt, welche eine lokale und nachhaltige Lebensmittelproduktion auf zuvor ungenutzter Fläche ermöglichen. Neben deutlich kürzeren Transportwegen des Ertrags, werden so soziale Netzwerke innerhalb des Gebäudes oder Quartier geschaffen, welche gleichzeitig eine gesunde und bewusste Ernährung, durch den eigenen Obst- und Gemüseanbau, fördern. Das System ist dabei mit der Dachfläche frei skalierbar, sodass eine Variation von Gemüsebeet bis hin zu erwerbsgartenbau ähnlichen Kulturen möglich ist.<sup>141</sup>

---

<sup>138</sup> (Minke 2006)

<sup>139</sup> (Minke 2006)

<sup>140</sup> (FLL 2008)

<sup>141</sup> (Mann 2013b b)

## 6.2.2 Benefits für das Gebäudeimage

Die Auswirkungen auf das Gebäudeimage lassen sich wie die Vorteile für den Nutzer nur schwer in Zahlen wiedergeben, spielen aber eine ähnlich wichtige Rolle für Qualität und Wertsteigerungspotenzial.

Zunächst schafft ein Gründach ungeahnte Gestaltungsmöglichkeiten für den Planer. Nicht nur kann die Vegetation, je nach Begrünungsart, fast frei gewählt und zu unendlichen Kompositionsmöglichkeiten kombiniert werden, viel mehr entstehen durch ein Gründach neue Beziehungsstrukturen zwischen Umgebung und Gebäude. Durch die Begrünung ist es möglich den Übergang fließend zu gestalten, sodass ein Dach, welches bis auf den Boden gezogen wird, oder an einen Hang anschließt dafür sorgt, das Gebäude und Landschaft miteinander verschmelzen.<sup>142</sup>

Im Rahmen der Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes, ermöglicht ein Gründach außerdem eine effiziente Nutzung der vorhandenen Fläche, indem neue Räume erschlossen und hoch qualitativ gestaltet werden. So können auf einem Dach, ganz ohne zusätzliche Grunderwerbssteuer, zusätzlicher Wohnraum, Begegnungsstätten oder Spiel- und Sportflächen entstehen.<sup>143</sup> Dieser zusätzlich gewonnene Raum kann dann wieder auf die erzielten Mieten umgeschlagen werden, sodass ein messbarer Nutzwert in Form von erhöhtem Gewinn entsteht. (vgl. Kapitel 5.3)

Neben der direkten Nutzung des Gründaches, wirkt sich aber auch die repräsentative Begrünung wertsteigernd auf das Gebäude aus. Auch der Imagegewinn, durch sichtbar nachhaltiges und verantwortliches Handeln hat einen vergleichbaren Effekt, welcher sich durch die Berücksichtigung von Naturschutz-, Landschaftspflege- und Grünplanungsrichtlinien noch verstärkt.<sup>144</sup>

## 6.3 Sonderfall: Solargründach

Bei einem Solargründach (vgl. Kapitel 4.3.7) werden die positiven Eigenschaften von Photovoltaik und Dachbegrünung kombiniert. Es kommt zu einem Synergieeffekt, bei welchem sich die Leistungspotenziale beider Maßnahmen gegenseitig verstärken und so den Nutzwert erhöhen. Durch die geringere Aufheizung eines begrünten Daches (Kühleffekt) gegenüber einer unbegrünten Ausführungsvariante (vgl. Kapitel 6.1.1), erhöht sich der Wirkungsgrad der darüber liegenden PV-Module. Als Vergleichswert wird pauschal von einem Leistungsverlust von 0,5% (Temperaturkoeffizient) pro Kelvin über der Ideal-Betriebstemperatur ausgegangen, wobei jede Ausführungsvariante der Solaranlage anders mit erhöhten Temperaturen umgeht. Dazu kommt, dass durch die Auflast des Gründachs eine windsichere Befestigung der PV-Module ohne Durchdringung der Dachhaut möglich ist. Das hat den Vorteil, dass jede zusätzliche Durchdringung der Dachhaut eine mögliche Fehlstelle werden kann und somit das Schadensrisiko erhöht, welches so umgangen wird. Zudem werden größere abzuführende Punktlasten vermieden und der Einbau erleichtert. Zuletzt sorgen die PV-Module für mehr Varianz der Standortbedingungen (Licht- und Feuchtigkeitsverhältnisse), sodass sie eine größere Artenvielfalt fördern. (vgl. Kapitel 6.1.2)<sup>145</sup>

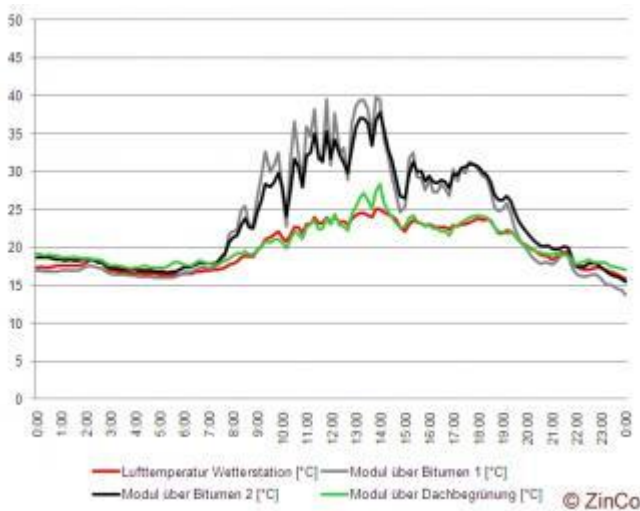
---

<sup>142</sup> (Minke 2006)

<sup>143</sup> (FLL 2008; Optigrün 2022)

<sup>144</sup> (FLL 2008)

<sup>145</sup> (FLL 2008; Optigrün 2022; ZinCo 2021)



„Die Temperaturkurven verdeutlichen, dass die Temperatur des Moduls 3 über der Dachbegrünung stets nahe an der Lufttemperatur bleibt, wogegen die Module über der Bitumenabdichtung deutlich wärmer werden.“<sup>146</sup>

Abb. 22 - Messdiagramm: Temperaturkurve Sommertag in Abhängigkeit des Dachmaterials

Da sich die Leistungssteigerung der Solaranlagen durch den Kühleffekt der Dachbegrünung lange Zeit nicht beziffern ließ, hat der Gründachhersteller ZinCo hierzu einen drei Jahre langen Versuch durchgeführt, welcher genau diesen Synergieeffekt nachweisen sollte. Dazu wurden am gleichen Standort drei identische PV-Module (Ausrichtung, Neigungswinkel, Fabrikat) aufgestellt, wovon zwei (variable Höhe) über einer Bitumenabdichtung und eins über einer extensiven Dachbegrünung angeordnet wurden. Gemessen wurden dabei die Zelltemperatur an der Modulunterseite (27 Sensoren), die Leistung und die Wetterdaten (Lufttemperatur, Windgeschwindigkeiten, Sonneneinstrahlung).<sup>147</sup>

Zugrunde lag die Annahme, dass sich bei steigender Temperatur der elektrische Widerstand innerhalb der PV-Module erhöht und damit die Leistungsfähigkeit abnimmt. Im Versuch bezieht man sich dabei auf die normierten (STC – standard-test-condition) Leistungen des Herstellers, welche für 1000W/m<sup>2</sup> Sonneneinstrahlung, eine Temperatur von 25°C und einer AirMass von 1,5 angegeben werden. Dabei handelt es sich um die Maximalleistung (Peak-Leistung), welche in Watt Peak (Wp) angegeben wird. Aus den Abweichungen zu den Normbedingungen kann dann der Temperatur-Koeffizient abgeleitet werden, welcher den Leistungsverlust pro Kelvin Temperaturunterschied beschreibt und, wie genannt, in der Regel mit 0,5% angenommen wird.<sup>148</sup>

„Das bedeutet zum Beispiel: ein auf 65 °C erhitztes Solarmodul, dessen Maximalleistung bei 200 Wp liegt, wird  $0,5 \text{ \%}/\text{K} \times 40 \text{ K} = 20 \text{ \%}$  weniger Leistung erbringen. Es werden also lediglich  $200 \text{ W} - 20 \text{ \%} = 160 \text{ W}$  Strom erzeugt.“<sup>149</sup>

<sup>146</sup> (Wölfel 2010)

<sup>147</sup> (Wölfel 2010)

<sup>148</sup> (Wölfel 2010)

<sup>149</sup> (Wölfel 2010)

Im Vergleich zu den Modulen 1 & 2 (über Bitumen) blieb Modul 3, durch den Kühleffekt der Begrünung, am nächsten an der Lufttemperatur. Über das ganze Jahr betrachtet ergab sich zwischen den Modulen eine Temperaturdifferenz von durchschnittlich acht Kelvin. Schlussfolgernd erbringt ein PV-Modul über Dachbegrünung, unter Annahme des durchschnittlichen Temperaturkoeffizienten von 0,5%, ca. 4% [ $8K \cdot 0,5\%/K = 4\%$ ] mehr Leistung als ein identisches Modul über einer Bitumenabdichtung.<sup>150</sup>

Die finanziellen Auswirkungen (vgl. Kapitel 5.3) dieser Leistungssteigerung sind abhängig von den Dimensionen der Solaranlage. In der Versuchsauswertung wurde das InCenter in Landsberg/Lech, mit einem jährlichen Ertrag von 800.000 kWh, betrachtet. Dieser würde sich um 32.000kWh (4%) reduzieren, wobei nach Einspeisevergütung (Stand 2008) Verluste von 14.073,60 € entstehen würden. Vergleichsweise würde die Anlage der Fair Energie GmbH, mit 14.000 kWh Ertrag pro Jahr, einen Verlust von ca. 560 kWh erleiden, was wiederum 261,80 € (Stand 2008) entspricht.<sup>151</sup>

Da sich die Einspeisevergütung seit 2008 [ca. 46,75 ct/kWh] stark verringert hat, fallen die Vergleichswerte heute deutlich geringer aus. Auf Basis der EEG-Novelle (Gesetzesentwurf - Stand April 2022) werden Volleinspeiser, welche den gesamten erzeugten Strom einspeisen, und Eigenversorger, welche nur den Überschuss einspeisen, in der Vergütung unterschieden. Des Weiteren wird bei der Vergütung, wie bisher üblich, nach der Maximalleistung der Solaranlage unterschieden. Heute bietet sich folglich eher eine Eigenversorgung durch den gewonnenen Strom an. Wodurch sich das Szenario eröffnet, den Strom nicht beim Netzbetreiber zu kaufen, sondern selbst zu produzieren und damit Ersparnisse zu erzielen.

Eigenversorger (EV)		Volleinspeiser (VE)		Stand Juli 2022	
Maximalleistung (kWp)	Vergütung [ct/kWh]	Maximalleistung (kWp)	Vergütung [ct/kWh]	Maximalleistung (kWp)	Vergütung [ct/kWh]
≤ 10	6,93	≤10	13,8	≤ 10	6,64
≤ 40	6,85	≤ 100	11,3	≤ 40	6,46
-	-	≤ 400	9,4	≤ 750	5,14
≤ 1000	5,36	≤ 1000	8,1	≥ 750	4,66

Tab. 27 - Einspeisevergütung für Solarstrom in Abhängigkeit der Maximalleistung

Anlage	InCenter	Fair Energie GmbH
Jährlicher Ertrag [kWh]	800.000	14.000
Verluste 4% [kWh]	32.000	560
Stand 2008 [€]	14.073,60	261,80
Stand Juli 2022 [€]	1.491,20 bis 2.124,80	26,10 bis 37,19
EEG-Novelle EV [€]	1.715,20 bis 2.217,60	30,02 bis 38,81
EEG-Novelle VE [€]	2.592,00 bis 4.416,00	45,36 bis 13,8
Strompreis* [€]	5.254,40 bzw. 10.348,8	91,95 bis 181,34

Tab. 28 - Rechenbeispiele: Ersparnisse durch Solargründach

\*Privat: 32,34ct/kWh | Industriell: 16,42ct/kWh <sup>152</sup>

<sup>150</sup> (Wölfel 2010)

<sup>151</sup> (Wölfel 2010)

<sup>152</sup> (Destatis 2022)

Wie aus dem Anhang 20 hervorgeht, weisen einige Versuche und Theorien den Synergieeffekt von Gründächern nach, allerdings ist es nicht möglich einen allgemein gültigen Pauschalwert aus den Ergebnissen abzuleiten, da objektbezogene Faktoren, wie Lage, Gebäudehöhe, Modulverlegung, Windeinflüsse, etc. eine zu große Rolle spielen.<sup>153</sup>

Allerdings können auch Probleme bei der Kombination von Dachbegrünung und Photovoltaikanlagen entstehen, weshalb individuell geprüft werden muss, ob sich die Kombination lohnt, oder die beiden Ansätze eher auf separaten Dachflächen umgesetzt werden sollten. Der wichtigste Punkt ist dabei die gegenseitige Verschattung. Wächst die Vegetation zu hoch, oder wird der nötige Mindestabstand zwischen der Unterkante der PV-Module und der Vegetation nicht eingehalten, sinkt die Leistung der Module durch den Schattenwurf der Pflanzen ab. Dabei wirkt sich der Ausfall eines kleinen Areals im Zweifelsfall auf die ganze Modulreihe aus, da die Solar-Zellen als „Strings“ in Reihe verbunden sind. Innerhalb einer solchen Reihe wird nur die Leistung erbracht, welche auch an der schwächsten (der verschatteten Stelle) erfolgt. Bei niederwüchsiger Extensivbegrünung wird daher ein Mindestabstand von 20cm empfohlen, welcher je nach gewünschter Vegetationsform erhöht werden muss. Alternativ kann die Verschattung durch entsprechende Pflanzenauswahl (niedrige, dichte Wuchsform) oder einen Kiesstreifen/Betonplatten an der Vorderkante des Moduls verhindert werden. Andersherum verschatten die PV-Module zwangsweise die darunter liegende Vegetation. Es müssen folglich Pflanzen ausgewählt werden, welche mit der geringeren Sonneneinstrahlung umgehen können und trotzdem problemlos wachsen. Um die Problematik abzumildern, können die Abstände zwischen den Modulen vergrößert, die Modulabmessungen verringert oder Anlagen mit entsprechender Transparenz gewählt werden, da sich so die Menge an Sonnenlicht, welches bis zur Vegetation durchdringt, erhöht.<sup>154</sup>

Neben den bereits genannten Problemen erhöhen sich Planungs- und Pflegeaufwand bei Solar Gründächern gegenüber normalen Gründächern. Zum einen muss eine sichere und konfliktfreie Wartung von Solaranlage und Gründach, ggf. inklusive Bewässerungssystem, gewährleistet werden. Das führt zu deutlich mehr Planungsfragen zum Thema Zugänglichkeit und Verlegung von Leitungen gegenüber einer einfacheren Dachbegrünung. Außerdem besteht ein höherer Pflegeaufwand, da die Module den Niederschlag umverteilen. Sie werfen auf Teile der Dachfläche einen Regenschatten und geben vermehrt an den Abflusskanten Wasser an das Dach ab. Dieses Problem kann mit Wasserleitungen zur Bewässerung innerhalb des Regenschattens umgangen werden. Hinzu kommt, dass der Verschnitt öfter und kontrollierter ausgeführt werden muss, um eine Verschattung der PV-Module durch die Vegetation zu verhindern.<sup>155</sup>

Dazu kommen Aufgabenbereiche, die zur Instandhaltung der PV-Anlage notwendig sind, welche auf einem normalen Gründach nicht existieren. Dazu gehört unter anderem die Reinigung der PV-Module, welche bei steilerem Neigungswinkel seltener nötig ist als bei flacher Ausrichtung. Dabei ist zu beachten, dass Module mit Ost-West-Ausrichtung, welche sich vor allem zur Eigenversorgung eignen, da sie eine ganztägige Stromerzeugung ermöglichen, eher mit flachem Neigungswinkel (i.d.R. 10 bis 20°) verbaut werden und eher unter Problemen wie Verschmutzung, Schneedecke oder Hitzestau leiden.<sup>156</sup>

---

<sup>153</sup> (BuGG 2020b)

<sup>154</sup> (FLL 2008; BuGG 2020b)

<sup>155</sup> (FLL 2008)

<sup>156</sup> (BuGG 2020b)



Zuletzt sind bei der Kombination beider Systeme die folgenden Planungshinweise (ergänzend zur Gründachplanung) zu beachten:<sup>157</sup>

- zusätzliche Flächenlast von ca. 20 bis 30 kg/m<sup>2</sup>
- Blitzschutz der Solaranlage
- Sonderregelungen des Brandschutzes für Solar-Anlagen
- 2,5m Abstand zwischen Dachrand und äußerster Modulreihe (Verwehsicherheit)
- Ausreichende Abstandsflächen zwischen Modulreihen (Verschattung)
- Zugänglichkeit der Module (Pflege/Instandhaltung)

Die klassische Umsetzung von Solargründächern wird nach „befestigten“ und „auflastgehaltenen“/„ballastierten“ Systemen unterschieden, wobei bei ersteren eine Durchdringung der Dachhaut notwendig ist. Die PV-Module können sowohl als Süd-, Ost-West- als auch als bifazial (senkrecht) ausgerichtete Systeme ausgeführt werden. Grundsätzlich wird zusätzlich zum normalen Gründachaufbau eine Basisplatte planungsabhängig auf das Filtervlies der Dränschicht oder die Schutzlage der Dachabdichtung gelegt, welche die Last des Photovoltaikmoduls aufnimmt und in der Regel zusätzlich Drän- und Speicherfunktion hat. Das Modul-Montagesystem wird dann an der Basisplatte befestigt und um Modultragschienen ergänzt, auf welche die Solar-Module aufgelegt und über Modulklemmen verbunden werden. Damit die Basisplatte ihre Standfestigkeit erreicht, wird sie mit Substrat verfüllt.<sup>158</sup>

Bei der Ausführung des Solargründachs kann sowohl eine durchgehende Substrathöhe als auch eine mit Anhögelungen umgesetzt werden. Dabei ist eine konstante Höhe kostengünstiger umzusetzen, während eine Variation Vorteile ähnlich dem Biodiversitätsgründach (vgl. Kapitel 6.1.2) bietet und durch geringere Aufbaustärke an der Vorderkante der Module einer Verschattung durch hohen Aufwuchs vorbeugt. Bei ballastierten Systemen muss die Mindestauflast gewährleistet sein.<sup>159</sup>



Abb. 24 - Flächenbereiche Solargründach

Abb. 23 - Systemaufbau Solargründach

<sup>157</sup> (BuGG 2020b)

<sup>158</sup> (BuGG 2020b)

<sup>159</sup> (BuGG 2020b)

Im Vergleich zu extensiven Begrünungsarten sind Solaranlagen nur schwierig auf intensiv begrünten Dächern umzusetzen. Ausnahme bildet dabei eine Rasenbegrünung, bei welcher der Einbau ähnlich wie bei einer extensiven Begrünung erfolgen kann und die Vegetation mit hoher Verdunstungsleistung durch einen Mähroboter ohne größeren Pflegeaufwand klein gehalten werden kann. In Zukunft könnten allerdings auch Semitransparente Solar-Module verwendet werden. Diese könnten zum Beispiel als Witterungsschutz auf Dachgärten zum Einsatz kommen. Durch die 30%-ige Restlichtdurchlässigkeit können unter den PV-Modulen weiterhin Pflanzen wachsen, sodass die Verschattungsproblematik in eine Richtung umgangen wird und damit die Kombination der Systeme weniger problematisch wird. Gleichzeitig wird für den Nutzer ein Raum mit hoher Aufenthaltsqualität geschaffen, da er von oben durch eine 70%-ige Verschattung und von unten durch den Kühleffekt der Vegetation vor Hitze geschützt ist.<sup>160</sup>



Abb. 25 - Beispielbild 1 - Untersuchungen semitransparentes Solargründach



Abb. 26 - Beispielbild 2 - Untersuchungen semitransparentes Solargründach

---

<sup>160</sup> (BuGG 2020b)

## 7 Kosten- und Nutzenvergleich Gründächer

*„In der aktuellen Studie des Umweltbundesamtes (2012, Kosten-Nutzen- Analysen für konkrete Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel) werden Dachbegrünungen als besonders erfolgsversprechend gegen die sommerliche Hitze in den Städten und als rentabel hervorgehoben.“<sup>161</sup>*

Im Rahmen des Kosten-Nutzen-Vergleichs wird klar, dass keine pauschale Aussage getroffen werden kann, ob ein Gründach wirtschaftlich sinnvoll ist. Dazu nimmt die Priorisierung der Ansprüche und Ziele des Bauherrn zu viel Einfluss. Jedoch sollte unter den heutigen Entwicklungen im Rahmen des Klimawandels klar sein, dass das Potenzial von Gründächern für unsere Städte einen immensen Mehrwert bietet.

Wichtig ist es für alle Arten von Gründächern, dass die Finanzierungsmöglichkeiten durch Förderung (vgl. Kapitel 4.9) und Ersparnisse (vgl. Kapitel 4.10 & 5.3) voll ausgenutzt werden, sodass sich die Kosten von Anfang an reduzieren und die geleistete Investition über die Lebensdauer refinanziert wird.

### 7.1 Extensive Begrünung

Die extensive Begrünung von Dächern ist die einfachste Begrünungsart und damit auch grundsätzlich die kostengünstigste. Aufgrund geringer Aufbaustärken ist der Materialverbrauch gering, sodass allein durch die Konstruktionsweise gespart wird. Dazu kommt, dass extensive Systeme aufgrund ihrer geringen Anforderungen fast überall umsetzbar sind. Es ist wenig ausschlaggebend, wo das Dach liegt (Witterungsbedingungen) oder wie große statische Reserven ein Bestandsgebäude hat, da extensive Aufbauten in der Regel eine geringere Auflast haben.

Außerdem sind extensiv begrünte Dächer die am besten erforschten Systeme. Auf genau diese Erkenntnisse sollte während der Planung Rücksicht genommen werden, um möglichst das volle Leistungspotenzial auszuschöpfen. Ziel ist dabei kein vertrocknetes Sedumfeld auf dem Dach anzulegen, sondern ein funktional leistungsstarkes Gründach. Dazu sollten entsprechende Planungshinweise von Experten beachtet werden und Erkenntnisse der Wissenschaft zu zum Beispiel Bewässerung beachtet werden.

Häufig gelangt man durch viele punktuelle Aufwertungen eines extensiv begrünten Dachs schon eher in den Bereich des einfach intensiv begrünten Dachs. Beispiele hierfür sind die Bewässerung, Zugänglichkeit, Pflege und Substratanhäufungen, welche die Funktionalität des Daches für einen geringen Mehraufwand stark aufwerten.

Grundsätzlich sind sowohl Kosten als auch Nutzwert geringer als bei den anderen Begrünungsarten. Es ist wichtig alle Funktionen durch gute Planung voll auszuschöpfen, damit ein Extensivdach langfristig wirtschaftlich bleibt. Alternativ können weitere Funktionen erschlossen werden (vgl. Kapitel 7.2) oder die Begrünung mit weiteren Maßnahmen, wie bspw. PV-Modulen (vgl. Kapitel 7.4) kombiniert werden.

Ein reines extensiv begrüntes Dach lohnt sich hauptsächlich für kleinere ungenutzte Flächen!

---

<sup>161</sup> (Mann 2013a, S. 23)

## 7.2 Einfach Intensive Begrünung

Im Vergleich zur extensiven Begrünung ist eine einfach intensive Begrünung deutlich leistungsfähiger, da sie alle Bereiche der Funktionalität (vor allem für den Nutzer – Kapitel 6.2.1) voll erschließt. Allerdings ist es schwer die genauen Nutzwerte und Kosten für diese Begrünungsart festzuhalten, da es sich um einen fließenden Übergangsbereich zwischen extensiver und intensiver Begrünung handelt. Die einfach intensive Begrünung stellt einen Kompromiss dar, welcher die Funktionalität bei geringem Mehraufwand und Mehrkosten, also guter Umsetzbarkeit, maximiert. Dabei ist es bei dieser Begrünungsform möglich, individuelle Lösungen für individuelle Standorte zu schaffen, ohne dass die Ansprüche so hoch sind, dass sie sich beispielsweise im Bestand nicht mehr umsetzen lassen.

Wichtig ist, dass im Vergleich zur extensiven Begrünung, Zugänglichkeit und Bewässerung grundsätzlich gegeben sind und damit alle Potenziale der Nutzung ausgeschöpft werden (vgl. Kapitel 6).

Aus den zuvor erlangten Erkenntnissen lässt sich schlussfolgern, dass die einfach intensive Begrünung das größte Potenzial hat zur allgemeinen Dachbegrünung zu werden. Sie eignet sich sowohl für Bestand als auch für Neubau und lässt sich größenunabhängig und individualisiert umsetzen. Durch das hohe Leistungspotenzial, Förderung und nur mittleren Kostenaufwand ist diese Dachbegrünung standortunabhängig als wirtschaftlich zu betrachten.

## 7.3 Intensive Begrünung

Die intensive Dachbegrünung ist die aufwendigste der drei Dachbegrünungsarten. Sie kombiniert sehr hohe Funktionalität mit sehr hohen Kosten.

Als Konsequenz ist immer eine Abwägung notwendig, ob eine so große Investition für den gewählten Standort wirklich gerechtfertigt ist. Beispielsweise ist eine intensive Begrünung mit Gehölzen für eine kleine Dachfläche auf einem Einfamilienhaus nicht verhältnismäßig. Viel mehr eignen sich die vielfältig und hochqualitativ gestalteten und entsprechend planungsaufwändigen Grünräume für öffentliche Räume, beispielsweise Arbeitsstätten, Mehrfamilienhäuser, kulturelle Gebäude oder Nutzräume wie bspw. Parkhäuser, mit großen Dachflächen.

Dazu kommt, dass sich intensive Dachbegrünungen nur sehr selten im Bestand umsetzen lassen, da die nötigen Tragreserven meist nicht gegeben sind. Intensive Begrünungen sollten bei guter Umsetzung von Anfang an Bestandteil der Planung eines Neubaus sein.

Trotz der sehr hohen Kosten, welche je nach Ausführungsart nach oben offen sind, hat das Intensivdach viele Vorteile. Keine andere Begrünungsart reizt das Nutzungspotenzial der Bepflanzung so weit aus, wie diese. Das ist, wie in Kapitel 6 beschrieben, auf die deutlich größere Blattoberfläche/Biomasse zurückzuführen.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Kosten den Nutzwert, je nach individueller Beurteilung und Ausführungsart, übersteigen können und damit etwas mehr Abwägungsarbeit zum Thema Wirtschaftlichkeit notwendig ist.

## 7.4 Solargründach

Solargründächer sind grundsätzlich mit extensiv begrünten Dächern (vgl. Kapitel 7.1) zu vergleichen, da anspruchsvollere Vegetationsformen in Kombination mit Photovoltaik aktuell nur schwer und unwirtschaftlich umsetzbar sind. Da auf diesem Gebiet allerdings viel geforscht wird und mit neuen Ansätzen wie Semitransparenz ausgetestet wird, ist eine Kombination mit (einfach) intensiver Begrünung in Zukunft nicht undenkbar.

Im Vergleich zur reinen extensiven Begrünung bringt die Kombination viele Vorteile mit sich. Hauptaugenmerk liegt hier beim Synergieeffekt, bei welchem eine Leistungssteigerung durch den Erhöhten Wirkungsgrad aufgrund geringerer Temperaturen (Kühleffekt – vgl. Kapitel 6.1.1) erzielt wird. Die zusätzliche Energie kommt dann der Eigenversorgung (Ersparnis) oder der Einspeisung (Gewinn) zugute. Außerdem wird die Konstruktion erleichtert, sodass bei ballastierten Systemen die Auflast des Gründachs genutzt wird, um die Module zu befestigen. Dadurch lassen sich Punktlasten und Fehlerquellen minimieren und der Einbau (durch aufblasen des Substrates) erleichtern. Zuletzt sorgen die Solarmodule für eine höhere Standortvarianz, was die Artenvielfalt und damit die ökologische Wertigkeit des Gründachs erhöht.

Allerdings ergeben sich aus der Kombination von Solaranlagen und Dachbegrünung auch einige Nachteile, für welche in der Regel aber bereits Lösungsansätze gefunden wurden. Das größte Problem liegt dabei in der gegenseitigen Verschattung der Elemente, wodurch in der Anlage weniger Leistung und am Boden weniger Pflanzenwachstum erfolgt. Diese Problematik kann allerdings durch entsprechende Abstandsflächen/-höhen und die korrekte Pflanzenauswahl umgangen werden. Dazu kommt der Regenschatten, den die Module werfen. Obwohl er Teil der höheren Standortvarianz ist, muss für die „verschatteten“ Flächen ein Umgang gefunden werden. Lösungsansätze dafür sind die Bewässerung (künstliche Umverteilung des Niederschlags) oder ebenfalls entsprechende Abstandsflächen zwischen eher kleinen Modulen. Nachteile, welche sich definitiv ergeben sind ein erhöhter Planungs- und Pflegeaufwand (Wartung, Leitungsführung, Zugänglichkeit, Brandschutz), welche als Konsequenz höhere Kosten zur Folge haben.

Trotz einiger Nachteile hat ein Solargründach einen sehr großen Nutzwert, welcher gerade in der heutigen Zeit, wo Themen wie Klimawandel, Energieeffizienz und Eigenversorgung eine große Rolle spielen, aktueller denn je ist. Darum ist es für Solargründächer wichtig die gesamten Rahmenbedingungen zu betrachten, bevor Aussagen zur Wirtschaftlichkeit getroffen werden. Dazu kommen, die zusätzlichen Fördermöglichkeiten & Einsparungen, welche den erhöhten Kosten entgegenwirken.

Schlussfolgernd bietet sich ein Solargründach fast überall dort an, wo Solaranlagen geplant werden.



## 8 Forschungsprojekt im Botanischen Garten

### 8.1 Forschungsziel & Versuchsaufbau

Das Ziel des „Modellprojektes Integrales Wassermanagement mit einfacher Intensivdachbegrünung“ ist die Erfassung des mikroklimatischen Potenzials verschiedener einfacher Intensivbegrünungen und deren Zusammenhang mit Standort und Bewässerung. Besonders viel Wert wird dabei auf den Kühleffekt durch Verdunstung gelegt.

Die 21 Testfelder werden in verschiedenen Intervallen mit Grauwasser, welches vor Ort im Keller durch eine Pflanzkläranlage aus Abwasser aufbereitet wird, bewässert. Dabei wird die eingeleitete Wassermenge und die durch den Überlauf austretende Wassermenge gemessen, sodass ein Rückschluss auf das Retentionsvermögen (im Substrat verbleibendes Wasser) und die Menge an Verdunstetem Wasser möglich ist.

Außerdem werden die Temperaturen auf verschiedenen Höhenniveaus im und über dem Substrat gemessen, um die verschieden exponierten Lagen der Testfelder genauer beschreiben zu können. Diese Daten werden außerdem mit denen einer nahegelegenen Wetterstation verglichen und in Zusammenhang gebracht.

Unter diesen Bedingungen arbeiten die Professuren des Landschaftsbaus (Prof.-Dipl.-Ing, Irene Lohaus), der Siedlungswasserwirtschaft (Prof.-Dr.-Ing. Peter Krebs) und der Bauphysik (Prof.-Dr.-Ing John Grunewald) der Technischen Universität Dresden gemeinsam mit den Praxispartnern Optigrün und der wasserWerkstatt (Ingenieurbüro) zusammen im Botanischen Garten Dresden. Weitergehend kann noch das Umweltamt der Stadt Dresden für die Interdisziplinäre Zusammenarbeit genannt werden.

Vor allem das Institut für Bauklimatik (IBK) macht es sich dabei zum Ziel aus dem Zusammenhang aus Bewässerung, Wetterlage und Bepflanzung eine detaillierte Prozessmodellierung abzuleiten. Diese soll in der Lage sein, die Erkenntnisse zu Verdunstungs- und Abflussprozessen auf einen größeren Maßstab (bspw. Stadt) zu übertragen und in Zusammenhang mit einem Niederschlagsmodell anzuwenden.

### 8.2 Einordnung

Da es sich bei allen Testflächen um einfach Intensivbegrünte Aufbauten handelt, kann man den Versuchsaufbau mit den Optigrün-Systemen Naturdach (ab 28€/m<sup>2</sup>) & Retentionsdach (ab 25 bis 39€/m<sup>2</sup>) vergleichen. Da allerdings keine besonderen Maßnahmen im Rahmen des Retentionsverhalten getätigt wurden, bietet sich der Vergleich (vgl. Kapitel 8.3) mit dem Naturdach (vgl. Kapitel 4.3.3) am ehesten an.

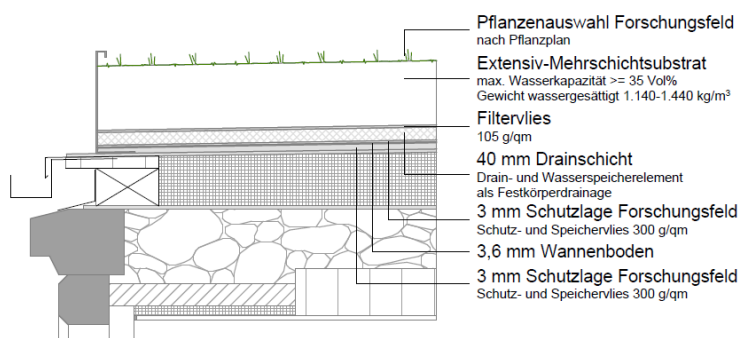


Abb. 27 - Schichtaufbau Gründachsystem Forschungsprojekt



## 8.3 Kosten-Nutzen-Vergleich

### Kosten

Die Investitionskosten für das Forschungsprojekt setzen sich im Wesentlichen aus dem Gründachsystem, der Grauwasser- bzw. Bewässerungsanlage und der Messtechnik zusammen. Da die Messgeräte nur zum Zwecke der wissenschaftlichen Auswertung verwendet werden, sind sie für eine vergleichende Kostenbetrachtung mit Praxissystemen nicht relevant und werden deshalb nicht weiter betrachtet.

Bei dem gewählten Gründachaufbau (vgl. Abb. 27) handelt es sich um eine Sonderlösung. Die Schichten wurden in 21 Wannen mit einer Fläche von jeweils ca. 3,5m<sup>2</sup> eingebracht, um eine gegenseitige Beeinflussung auszuschließen. Durch die kleinteilige Ausführungsform mit einigen extra Bauteilen zur Trennung der Felder ergeben sich entsprechend höhere Kosten als in der Praxis üblich. Insgesamt liegt das System bei 24.680€ Brutto, was 338€/m<sup>2</sup> entspricht. Diese setzen sich zusammen aus den Nettokosten für die einzelnen Felder (vgl. Tab. 29), einer Frachtpauschale von 650€ und der Mehrwertsteuer (19%) mit 3940,60€. Geliefert werden die Bauteile vom Praxispartner Optigrün.<sup>162</sup>

Die Bewässerung erfolgt über eine Tropfschlauchanlage, welche über eine Grauwasseranlage mit zwischengeschalteter Pflanzkläranlage betrieben wird. Neben den in Tab. 30 gelisteten Nettokosten der Bauteile, welche von den Praxispartner GAWATEC und WasserWerkstatt geliefert werden, setzt sich der Preis weiterhin aus den Inbetriebnahmekosten der Tropfbewässerung mit 600€, der Installation der Grauwasseranlage mit 8.325€ und der Mehrwertsteuer (19%) mit 4.557,15€ zusammen, sodass sich Gesamtkosten von 28.542,15€ ergeben. In diesem Preis sind allerdings Bauteile inbegriffen, welche nur dem Forschungszwecke dienen, sodass sich korrigierte Kosten von 23.544,15€ ergeben.<sup>163</sup>

Felder	Einzelpreis	Anzahl	Summe	Abmessungen [h=350mm]	Fläche
FI 1-5	970	5	4.850	1,00x3,50	3,5
FI 6	970	1	970	1,00x3,50	3,5
FII 1+2	930	2	1.860	1,87x1,87	~3,5
FII 3	930	1	930	1,87x1,87	~3,5
FII 4-7	930	4	3.720	1,00x3,50	3,5
FIII 1-6	970	6	5.820	1,00x3,50	3,5
FIII 7+8	970	2	1.940	1,00x3,50	3,5
ALLE	-	21	20.090	-	73,5

Tab. 29 - Nettokosten: Gründachaufbau Forschungsfelder

<sup>162</sup> (Optigrün 2017)

<sup>163</sup> (GAWATEC GmbH/Förster 2016; wasserWerkstatt/Karpf 2017)

Bauteil	Anzahl	Kosten (Einzel)	Relevanz*
Tropfschlauch, Unterverteilung, Zuleitung, Fittings	1	1200	ja
Bewässerungskopfstation	1	2400	ja
Anlagensteuerung	1	3950	ja
Substrat-Feuchte-Sensor	15	280	nein
Regenwasser-Pumpe	1	750	ja
Grauwasseranlage	1	6760	ja
ALLE	-	15060	ja

Tab. 30 - Nettokosten: Bewässerungssystem Forschungsprojekt

Neben den Kosten für Gründachaufbau und Bewässerungssystem, sind im Rahmen der Erstellung auch für die Vegetation und deren Anpflanzung sowie Fertigstellungspflege Investitionskosten entstanden. Da hier viele Prozesse durch Eigenleistung der Beteiligten erbracht wurden, sind keine genauen Kostenkennwerte bekannt, sodass eine Aufstellung oder ein Vergleich mit der Praxis nicht möglich ist.

Die Unterhaltungskosten des Forschungssystems werden maßgeblich von den Pflegegängen aller zwei Wochen bestimmt. Da diese mit circa 26 Gängen pro Jahr deutlich öfter erfolgen als bei normaler einfach intensiver Begrünung mit zwei bis vier Pflegegängen pro Jahr (vgl. Kapitel 5.2), sind die Kosten im Vergleich zur Praxis deutlich erhöht. Der genaue Preis wird dabei durch den Stundenlohn des Ausführenden bestimmt und kann nicht pauschal festgelegt werden. Allerdings ist davon auszugehen, dass die Kosten pro Pflegegang in etwa gleich hoch sind, sodass sich im Forschungsprojekt der etwa 13 bis 7-fache Preis ergibt. Zusammenfassend können alle notwendigen Pflegeleistungen, für Pflanzen und Technik, mit entsprechendem Zuständigkeitsbereich und Ausführungsintervall, der Tabelle in Anhang 21 entnommen werden.

Dazu kommen Reparaturleistungen, welche dem Logbook im Anhang 22 entnommen werden können. Da auch hier viele Positionen in Eigenleistung übernommen wurden, ist keine Aussage zu einem genauen Kostenkennwert möglich. Grundsätzlich ist aber auch diese Position von Zeitaufwand und Stundenlohn bestimmt.

Zuletzt sind als Unterhaltungskosten die Stromkosten für den Betrieb der Bewässerungsanlagen (Tropfschlauch und Grauwasseranlage) zu führen. Auch die Sensorik im Rahmen der Forschung verbraucht Strom, wird aber wie eingangs erwähnt an dieser Stelle nicht genauer betrachtet.

## Nutzen

Den genauen Nutzwert des Forschungsprojektes zu bestimmen ist zum aktuellen Zeitpunkt (Juli 2022) nur teilweise möglich, da relevante Untersuchungen noch laufen und die Datenlage entsprechend unvollständig ist. Dazu kommen einige Probleme bei der Erfassung der Messdaten, sodass die entstandenen Kennwerte nicht eins zu eins verwertbar sind.

Im Rahmen des Bauklimatischen Nutzwertes (vgl. Kapitel 6.1.1) wurden zum Schallschutzverhalten sowie dem Schutz vor Elektromog keine Messungen durchgeführt. Für alle nicht untersuchten Kennwerte ist somit lediglich ein Verweis auf allgemeine einfach intensiv begrünte Dächer möglich. Die Wärmedämmwirkung und damit einhergehend auch der Wärmeschutz wurden untersucht, da dieses Verhalten Grundlage für die angestrebte Simulierbarkeit ist. Die relevanten hygrischen Kennwerte liegen zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht vor, da sie weitere Betrachtungen erfordern. Dagegen können die thermischen Kennwerte bereits relativ genau angegeben werden, obwohl auch hier weiterer Betrachtungen mit einem genaueren Messgerät ausstehen. Die Wärmeleitfähigkeit des Substrats liegt im trockenen Zustand zwischen 0,4 und 0,6 W/mK, im hochfeuchten Zustand erhöht sie sich auf 1,3 W/mK. Die Wärmekapazität wird mit circa 1000 J/kgK angegeben. Alle weiteren Kennwerte entsprechen den Herstellerangaben (vgl. Tab. 31).<sup>164</sup>

Die daraus resultierende Wärmedämmwirkung sowie der Wärmeschutz des Gründachaufbaus lassen sich in den Graphen Abb. 29 & Abb. 28 erkennen. Hier wurden für den Sommer und Winterfall in verschiedenen Schichten des Aufbaus die Temperaturen gemessen und als Tagesgänge dargestellt. Im Sommer wird vor allem deutlich, dass das Gründach die Tag-Nacht-Schwankungen ausgleicht, wobei der Effekt in größerer Tiefe stets stärker ist. Während an der Oberfläche noch Schwankungen von circa 25 K auftreten, liegen diese in den untersten (den Gebäudenahen Schichten) nur noch bei circa 8 K. Außerdem wird der Schutz vor Überhitzung deutlich, da sich das System an keinem Punkt über 42°C erhitzt, was deutlich unterhalb der Oberflächentemperatur konventioneller Dachdeckungen im Sommerfall liegt. Im Winterfall ist weniger der Tag-Nacht-Zyklus von Relevanz. Viel mehr wird die Wärmedämmung durch die milderen Temperaturen in den Gebäudenahen Schichten deutlich. Der Großteil der Messungen liegt hier um die Null-Grad-Linie (Ausnahme: Erwärmung am Ende des betrachteten Zeitraums, wetterabhängig). Das spricht wiederum dafür, wie schwer Gründächer durchfrieren und somit einen guten Konstruktionsschutz bieten. Grundlegend für diese Verhalten ist die Phasenübergangsenthalpie, bei welcher, umgekehrt zur Verdunstungskühlung (=Wärmeaufnahme beim Übergang in die gasförmige Phase), beim Übergang in die feste Phase Wärme abgegeben wird.

Material	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Spez. Wärmekapazität [J/kgK]	Dampfdiffusionswiderstandszahl
Thermobeton	0,13	1000	5
Dampfsperre	-	-	2000
Gefälledämmung PUR	0,028	1.200 bis 1.400	200
Edelstahl	15	500	>10.000

Tab. 31 - Materialkennwerte Forschungsprojekt (Herstellerangaben)

<sup>164</sup> (Lohaus et al. 2021)

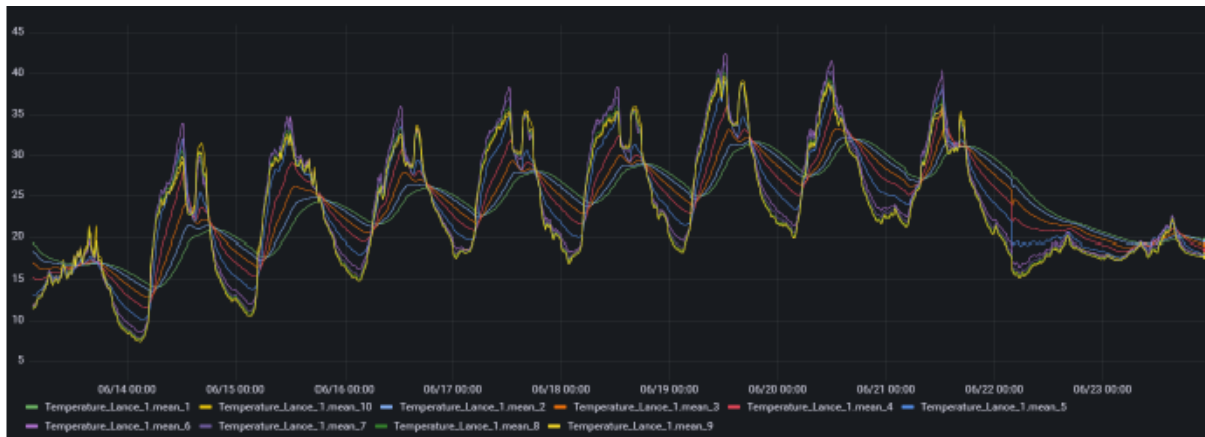


Abb. 29 - Schichtabhängiger Temperaturverlauf Forschungsprojekt (Sommerfall)

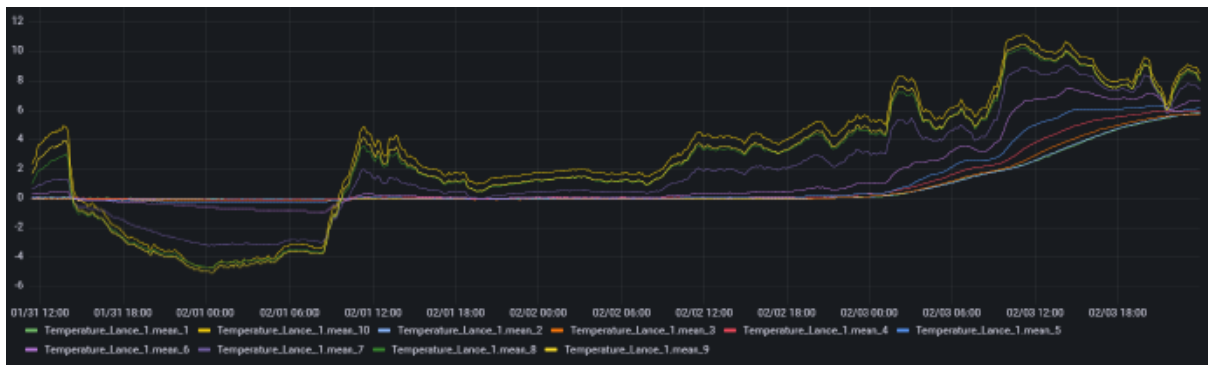


Abb. 28 - Schichtabhängiger Temperaturverlauf Forschungsprojekt (Winterfall)

Unter den Ökologischen Nutzwerten wurde im Forschungsprojekt lediglich die Feuchtespeicherfunktion untersucht, da diese sowohl bauklimatisch relevant ist, als auch von den verschiedenen Bewässerungsintervallen stark beeinflusst wird. Die vorhandenen Messungen sind zum aktuellen Zeitpunkt allerdings nicht verwertbar. Geplant war die kombinierte Messung mit Lysimetern und CTD, sodass eine Übersetzung der Werte ermöglicht wird und nicht alle Felder mit Lysimetern ausgestattet werden müssen. Allerdings tritt bei dieser Übersetzung nach aktuellem Stand eine so große Streuung auf, dass eine Auswertung des Feuchteverhaltens des Gründachsystems nicht möglich ist. Erschwerend kommt hinzu, dass die gemessenen Massen der Felder mit der Zeit abnehmen (Messfehler), sodass auch diese nicht herangezogen werden können, um eine Schätzung zum Feuchteverhalten abzugeben.

Der Baukonstruktive Nutzwert, sowie alle nicht messbaren Nutzwerte spielen im Forschungsprojekt keine Rolle, sodass keine qualitativen oder quantitativen Aussagen möglich sind. Da diese aber von bereits genannten Nutzwerten und der Begrünungsart/Gestaltung abhängig sind, ist ein grober Vergleich mit der Baupraxis im nächsten Abschnitt möglich.

## Vergleich

Aufgrund der noch unvollständigen Datenlage zum Nutzwert der im Forschungsprojekt betrachteten Systeme ist ein Kosten-Nutzen-Vergleich und ein Praxisvergleich nur eingeschränkt möglich. Im direkten Kennwert-Vergleich zum Naturdachsystem des Herstellers Optigrün (vgl. Tab. 32) wird allerdings deutlich, dass die Investitionskosten im Forschungsprojekt deutlich erhöht sind. Der Kostenanstieg um etwa 1000% (von 33€/m<sup>2</sup> auf 338€/m<sup>2</sup>) ist auf den besonderen, dem Forschungszwecke dienenden, Aufbau zurückzuführen. Im Projekt wurden zusätzliche Schichten und weitere Bauteile eingebracht, welche in der Praxis nicht üblich sind. Außerdem gibt Optigrün den Quadratmeterpreis für Flächen von 1000m<sup>2</sup> an, sodass von einem Mengenrabatt auszugehen ist, welcher auf der kleinen Forschungsfläche von 21 mal 3,5m<sup>2</sup> nicht zu erreichen ist.

Der Nutzen des im Forschungsprojekt untersuchten Systems scheint in etwa der Praxis zu entsprechen. Zumindest die vorliegenden Temperaturkurven (Abb. 29 & Abb. 28) lassen darauf schließen, dass der gewünschte Kühleffekt erreicht wird. Leider ist eine Aussage zum Feuchteverhalten, welches Grundlage vieler Nutzwerte ist, nicht möglich. Vermutlich ist dieses jedoch Feldabhängig sehr unterschiedlich, da sowohl die verschiedenen verschatteten Standorte als auch die verschiedenen Bewässerungsintervalle großen Einfluss nehmen. Grundsätzlich ist nach den bisherigen Kenntnissen davon auszugehen, dass die Bewässerung zu einer Verstärkung der Nutzwerte führt. Genauere Betrachtungen werden sich voraussichtlich aus dem Schlussbericht zum Forschungsprojekt ergeben.

Trotz des guten Nutzwertes, welcher in etwa einem bewässerten einfach intensiv begrünten Dach entspricht, würde sich der Aufbau des Forschungssystems in der Praxis so nicht wirtschaftlich umsetzen lassen. Allerdings können aus den Versuchsaufbauten einige Erkenntnisse erlangt werden, welche in der Planung ähnlicher praxisorientierter Projekte beachtet werden können, um die Leistung des Gründachs zu steigern.

	Naturdach	Forschungsprojekt
Gewicht	Ab 95kg/m <sup>2</sup> [0,95kN/m <sup>2</sup> ]	Ab 399kg/m <sup>2</sup> [3,99kN/m <sup>2</sup> ]
Systemhöhe	Ab 10cm	35cm
Dachneigung	0-5°	-
Vegetationsform	Kräuter-Gräser-Sedum, evtl. Gehölze	Kräuter-Gräser-Sedum
Wasserrückhalt	50-70%/Jahr	-
Spitzenabflussbeiwert	C <sub>s</sub> = 0,3 bis 0,5	-
Wasserspeicher	30 bis 80l/m <sup>2</sup>	-
Kosten (Brutto)	Ab 33,32€/m <sup>2</sup>	338€/m <sup>2</sup>
Ökologische Wertigkeit	5/5	-
Pflegeaufwand	2/5	-
Begrünungsarten	Extensiv Einfach Intensiv	Einfach Intensiv

Tab. 32 - Gegenüberstellung Naturdach und Forschungsprojekt

## 9 Resümée

Aus den in der Arbeit erlangten Kenntnissen ist zu schlussfolgern, dass Gründächer ein großes Potenzial aufweisen, um Folgen des Klimawandels entgegenzuwirken. Sie bilden eine gute Basis, um vor allem unsere Städte im Sommer klimatisch angenehmer zu gestalten, indem sie Wärmeinseln vorbeugen. Hinzu kommt der ästhetisch ansprechende, zusätzlich gewonnene Raum, welcher den Stadtraum für den Nutzer weiterhin aufwertet.

Durch die vielen Ausführungsvarianten, ist ein Gründach mit fast jedem Budget, an fast allen Standorten umsetzbar. Die Systeme können, bei guter Planung, individuell an die Standortbedingungen angepasst werden, sodass Gründächer keineswegs nur auf neugebauten Flachdächern von Relevanz sind.

Leider ist der Erkenntnisstand zur Begrünung von Steildächern und vor allem der effizienten Gestaltung des Feuchteverhaltens auf stärker geneigten Flächen noch nicht vergleichbar mit dem Wissen zu Flachdächern. Als Folge daraus erweisen sich geneigte Systeme häufig als weniger Leistungsstark und finden in der Praxis aufgrund der erhöhten Kosten nur selten Anwendung.

Auch das Bauen im Bestand hat noch Verbesserungspotenzial, da hier häufig teure Nachrüstungen bezüglich der Statik notwendig sind, um ein entsprechendes System aufzubringen. Aber selbst, wenn die nötigen Tragreserven vorhanden sind, wird häufig keine nachträgliche Begrünung in Betracht gezogen, da die beteiligten Planer und Bauherren nicht ausreichend über das Leistungspotenzial von Gründächern und individuell passende Systeme, wie bspw. das Leichtdach, informiert sind. An dieser Stelle ist die Kommunikationsarbeit der Hersteller und Vereinigungen wie dem BuGG unverzichtbar, um die Begrünung in Städten weiter voranzubringen. Schließlich ist der Großteil der Gebäude dem Bestand zugeordnet und die exklusive Begrünung von Neubauten würde nur sehr langsam zu Fortschritt führen.

Zuletzt ist es für die Zukunft wünschenswert das Leistungspotenzial von Gründächern in Kombination mit anderen Systemen, vor allem regenerativen Energien weiter zu erforschen. Vorreiter ist hier das Solargründach, welches bereits Praxisanwendung findet und neue Kombinationsmöglichkeiten stetig untersucht werden. Die Frage die offen bleibt: Sind Gründach Systeme auch anderweitig kombinierbar?

# 10 Quellenverzeichnis

## 10.1 Literaturquellen

- (Bafa 2022) Bafa, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2022): Energie. [https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente\\_Gebaeude/effiziente\\_gebaeude\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/effiziente_gebaeude_node.html).
- (BuGG 2020a) BuGG, Bundesverband GebäudeGrün e.V. (2020a): BuGG-Fachinformation „Biodiversitätsgründach“.
- (BuGG 2020b) BuGG, Bundesverband GebäudeGrün e.V. (2020b): BuGG Fachinformation „Solar-Gründach“.
- (BuGG 2021) BuGG, Bundesverband GebäudeGrün e.V. (Hg.) (2021): BuGG-Marktreport 2021.
- (Destatis 2020) Destatis, Statistisches Bundesamt (2020): Entgelt für die Trinkwasser-versorgung in Tarifgebieten nach Tariftypen. (<https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Wasserwirtschaft/Tabellen/tw-07-entgelt-trinkwasserversorgung-tarifgeb-nach-tariftypen-2017-2019-land-bund.html>, Abruf: 28.06.2022)
- (Destatis 2022) Destatis, Statistisches Bundesamt (2022): Preise. Daten zur Energiepreisentwicklung.
- (FLL 2008) FLL, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (Hg.) (2008): - Dachbegrünungsrichtlinien -, Richtlinien für Planung, Bau und Instandhaltung von Dachbegrünungen. 6. Ausgabe. Bonn.
- (GaLaBau 2009) GaLaBau (Hg.) (2009): Abwasserkosten - gut geplant ist halb gespart.
- (GAWATEC GmbH/Förster 2016) GAWATEC GmbH, Gartenabutechnik - Bewässerung - Klimaregelung/Förster, Christian (2016): Angebot Nr. AN160039.
- (Gorbachevskaya/Herfort 2012) Gorbachevskaya, Olga/Herfort, Susanne (2012): Feinstaubbindungsvermögen der für Bauwerksbegrünung typischen Pflanzen. Berlin: Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte.
- (Herfort/Tschuikowa/Ibañez 2012) Herfort, Susanne/Tschuikowa, Steffi/Ibañez, Andrés (2012): CO<sub>2</sub>-Bindungsvermögen der für Bauwerksbegrünung typischen Pflanzen. Berlin: Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte.
- (IFB Hamburg 2020) IFB Hamburg (Hg.) (2020): Hamburger Gründachförderung.
- (KfW 2022a) KfW, Kreditanstalt für Wiederaufbau (2022a): Dach sanieren und bis zu 30 % Energie sparen. (<https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Energieeffizient-Sanieren/Dachdaemung/>, Abruf: 21.06.2022)
- (KfW 2022b) KfW, Kreditanstalt für Wiederaufbau (2022b): Erneuerbare Energien – Standard. ([https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Foerderprodukte/Eneuerbare-Energien-Standard-\(270\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Foerderprodukte/Eneuerbare-Energien-Standard-(270)/), Abruf: 21.06.2022)
- (Kolb 2016) Kolb, Walter (2016): Dachbegrünung Planung, Ausführung, Pflege.
- (Kronstein/Liesch 2022) Kronstein, Clara/Liesch, Magdalena (2022): Bewässerung von Gründächern. Dresden: IBK.
- (Lohaus et al. 2021) Lohaus, Irene et al. (2021): Modellprojekt Integrales Wassermanagement. Dresden: Technische Universität Dresden.
- (Mann 2013a) Mann, Gunter (2013a): Schützen, dämmen, kühlen – Grüner Alleskönner? In: EnEV im Bestand (03/13), S. 22–25.
- (Mann 2013b) Mann, Gunter (2013b): Urban Farming. In: Dachbau Magazin (1-2 | 2013), S. 30–31.
- (Mann/Klinger 2015) Mann, Gunter/Klinger, Tobias (2015): Rückhalt, Abflussverzögerung, Speicherung. In: greenbuilding (06/15), S. 2–7.



- (Meinken et al. 2015) Meinken, Elke/Jauch, Martin/Krummradt, Irena/Schmitz, Heinz-Josef (2015): Optimierung der Evaporations- und Kühlleistung extensiver Dachbegrünungen durch gezielte Nutzung von Grauwasser. Triesdorf: Weihenstephan University of Applied Sciences. (<https://forschung.hswt.de/forschungsprojekt/363-grauwasser-fur-dachbegrunungen>, Abruf: 26.06.2022)
- (Minke 2006) Minke, Gernot (2006): Dächer begrünen - einfach und wirkungsvoll Planung, Ausführungshinweise und Praxistipps. 3. verb. und erw. Aufl. Staufen bei Freiburg: Ökobuch.
- (Mürb 1981) Mürb, Robert (1981): BNN-Interview mit Stadtrat Prof. Robert Mürb.
- (Optigrün 2017) Optigrün, Die Dachbegrüner (2017): Angebot Nr. AN1731025
- (Optigrün 2022) Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage.
- (Schaefer 2021) Schaefer, Maïke (2021): Förderrichtlinie für die Gewährung von Zuschüssen bei der Begrünung von Dächern im Land Bremen.
- (wasserWerkstatt/Karpf 2017) wasserWerkstatt/Karpf, Christian (2017): Angebot Nr. AN1117.
- (Wöfl 2010) Wöfl, Klaus (2010): DACHBEGRÜNUNG ERHÖHT ERTRÄGE DER PHOTOVOLTAIK. Nürtingen. (<https://www.zinco.de/solarmessung>, Abruf: 24.06.2022)
- (ZinCo 2021) ZinCo (2021): Planungshilfe. Solarenergie und Dachbegrünung.

# 11 Abbildungsnachweis

Nummer	Seite	Quelle
Abb. 1	7	Kolb, Walter (2016): Dachbegrünung Planung, Ausführung, Pflege. S.28
Abb. 2	7	Kolb, Walter (2016): Dachbegrünung Planung, Ausführung, Pflege. S.30
Abb. 3	8	Kolb, Walter (2016): Dachbegrünung Planung, Ausführung, Pflege. S.31
Abb. 4	8	Kolb, Walter (2016): Dachbegrünung Planung, Ausführung, Pflege. S.27
Abb. 5	10	Pössel, Markus (2022): Über das Haus der Astronomie. ( <a href="https://www.haus-der-astronomie.de/de/ueber-das-hda">https://www.haus-der-astronomie.de/de/ueber-das-hda</a> , Abruf: 07.07.2022)
Abb. 6	10	Berliner Regenwasseragentur (2019): GründachPLUS: Grüne Dächer für grauen Bestand. ( <a href="https://www.regenwasseragentur.berlin/1000-gruene-daecher-programm/">https://www.regenwasseragentur.berlin/1000-gruene-daecher-programm/</a> ., Abruf 07.07.2022)
Abb. 7	10	Optigrün, Die Dachbegrüner (2013): DACHBEGRÜNUNGEN FÜR HOHE ÖKOLOGISCHE WERTIGKEIT. ( <a href="https://www.optigruen.de/fachthemen/biodiversitaet-naturdach/">https://www.optigruen.de/fachthemen/biodiversitaet-naturdach/</a> , Abruf 07.07.2022)
Abb. 8	15	Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S.17
Abb. 9	16	Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S.21
Abb. 10	17	Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S.25
Abb. 11	18	Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S.34
Abb. 12	19	Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S.42
Abb. 13	20	Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S.66
Abb. 14	21	Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S.73
Abb. 15	22	Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S.94
Abb. 16	24	Meinken, Elke/Jauch, Martin/Krummradt, Irena/Schmitz, Heinz-Josef (2015): Optimierung der Evaporations- und Kühlleistung extensiver Dachbegrünungen durch gezielte Nutzung von Grauwasser. Triesdorf: Weihenstephan University of Applied Sciences. ( <a href="https://forschung.hswt.de/forschungsprojekt/363-grauwasser-fur-dachbegrunungen">https://forschung.hswt.de/forschungsprojekt/363-grauwasser-fur-dachbegrunungen</a> , Abruf: 26.06.2022)
Abb. 17	25	Eigene Darstellung. ( <a href="https://www.baupreislexikon.de/member/constructions/contpropertyvalues.aspx?groupid=551&amp;catalogid=DBD-KE2&amp;groupype=B">https://www.baupreislexikon.de/member/constructions/contpropertyvalues.aspx?groupid=551&amp;catalogid=DBD-KE2&amp;groupype=B</a> , Abruf: 30.06.2022)
Abb. 18	37	Lohaus, Irene et al. (2021): Modellprojekt Integrales Wassermanagement. Dresden: Technische Universität Dresden, S.68
Abb. 19	38	Eigene Darstellung. (Minke, Gernot (2006): Dächer begrünen - einfach und wirkungsvoll Planung, Ausführungshinweise und Praxistipps. 3. verb. und erw. Aufl. Staufen bei Freiburg: Ökobuch. S.16)
Abb. 20	40	Minke, Gernot (2006): Dächer begrünen - einfach und wirkungsvoll Planung, Ausführungshinweise und Praxistipps. 3. verb. und erw. Aufl. Staufen bei Freiburg: Ökobuch. S.14
Abb. 21	41	Minke, Gernot (2006): Dächer begrünen - einfach und wirkungsvoll Planung, Ausführungshinweise und Praxistipps. 3. verb. und erw. Aufl. Staufen bei Freiburg: Ökobuch. S.13
Abb. 22	52	Wölfl, Klaus (2010): DACHBEGRÜNUNG ERHÖHT ERTRÄGE DER PHOTOVOLTAIK. Nürtingen. ( <a href="https://www.zinco.de/solarmessung">https://www.zinco.de/solarmessung</a> , Abruf: 24.06.2022)

Nummer	Seite	Quelle
Abb. 23	55	BuGG, Bundesverband GebäudeGrün e.V. (2020b): BuGG Fachinformation „Solar-Gründach“. S.17
Abb. 24	55	BuGG, Bundesverband GebäudeGrün e.V. (2020b): BuGG Fachinformation „Solar-Gründach“. S.20
Abb. 25	56	BuGG, Bundesverband GebäudeGrün e.V. (2020b): BuGG Fachinformation „Solar-Gründach“. S.45
Abb. 26	56	BuGG, Bundesverband GebäudeGrün e.V. (2020b): BuGG Fachinformation „Solar-Gründach“. S. 45
Abb. 27	60	Lohaus, Irene et al. (2021): Modellprojekt Integrales Wassermanagement. Dresden: Technische Universität Dresden. S.8
Abb. 28	64	Lohaus, Irene et al. (2021): Modellprojekt Integrales Wassermanagement. Dresden: Technische Universität Dresden. S.88
Abb. 29	64	Lohaus, Irene et al. (2021): Modellprojekt Integrales Wassermanagement. Dresden: Technische Universität Dresden. S.88

Nummer	Seite	Quelle
Tab. 1	12	Eigene Darstellung ( <a href="https://www.baupreislexikon.de/bauleistung/dachbegruenung-mehrschichtig-vegetations-tragschichten">https://www.baupreislexikon.de/bauleistung/dachbegruenung-mehrschichtig-vegetations-tragschichten</a> , Abruf 03.06.2022)
Tab. 2	12	Eigene Darstellung ( <a href="https://www.baupreislexikon.de/bauleistung/sickerschichten-filterschichten-horizontale-flaeche">https://www.baupreislexikon.de/bauleistung/sickerschichten-filterschichten-horizontale-flaeche</a> , Abruf 03.06.2022)
Tab. 3	13	Eigene Darstellung ( <a href="https://www.baupreislexikon.de/bauleistung/dachbegruenung-draenschicht-matte-platte">https://www.baupreislexikon.de/bauleistung/dachbegruenung-draenschicht-matte-platte</a> , Abruf 03.06.2022)
Tab. 4	13	Eigene Darstellung ( <a href="https://www.baupreislexikon.de/bauleistung/schutzlagen-abdichtung-daecher-balkone-loggien-laubengaenge">https://www.baupreislexikon.de/bauleistung/schutzlagen-abdichtung-daecher-balkone-loggien-laubengaenge</a> , Abruf 03.06.2022)
Tab. 5	14	Eigene Darstellung ( <a href="https://www.baupreislexikon.de/bauleistung/dachbegruenung-schubsicherungen">https://www.baupreislexikon.de/bauleistung/dachbegruenung-schubsicherungen</a> , Abruf 03.06.2022)
Tab. 6	15	Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S.17
Tab. 7	16	Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S. 21
Tab. 8	17	Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S.25
Tab. 9	18	Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S.32/34
Tab. 10	19	Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S.40/42
Tab. 11	20	Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage.S.66/68
Tab. 12	21	Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S.73
Tab. 13	22	Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S.92/94
Tab. 14	23	Eigene Darstellung ( <a href="https://www.baupreislexikon.de/bauleistung/dachbegruenung-technische-einrichtung">https://www.baupreislexikon.de/bauleistung/dachbegruenung-technische-einrichtung</a> , Abruf 05.06.2022)
Tab. 15	26	Eigene Darstellung ( <a href="https://www.baupreislexikon.de/bauleistung/dachbegruenung-ansaat">https://www.baupreislexikon.de/bauleistung/dachbegruenung-ansaat</a> , Abruf 03.06.2022)
Tab. 16	26	Eigene Darstellung ( <a href="https://www.baupreislexikon.de/bauleistung/dachbegruenung-pflanzung-staude-blumen-zwiebel">https://www.baupreislexikon.de/bauleistung/dachbegruenung-pflanzung-staude-blumen-zwiebel</a> , Abruf 03.06.2022)
Tab. 17	34	Eigene Darstellung ( <a href="https://www.baupreislexikon.de/member/prices/contpropertyvalues.aspx?groupid=1753&amp;catalogid=STLB-Bau&amp;groupytype=T">https://www.baupreislexikon.de/member/prices/contpropertyvalues.aspx?groupid=1753&amp;catalogid=STLB-Bau&amp;groupytype=T</a> , Abruf: 12.06.2022)
Tab. 18	35	GaLaBau (Hg.) (2009): Abwasserkosten - gut geplant ist halb gespart. S.6
Tab. 19	35	GaLaBau (Hg.) (2009): Abwasserkosten - gut geplant ist halb gespart. S.5
Tab. 20	42	Eigene Darstellung (Herfort, Susanne/Tschuikowa, Steffi/Ibañez, Andrés (2012): CO2-Bindungsvermögen der für Bauwerksbegrünung typischen Pflanzen. Berlin: Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte. S.30/31)
Tab. 21	42	Eigene Darstellung (Herfort, Susanne/Tschuikowa, Steffi/Ibañez, Andrés (2012): CO2-Bindungsvermögen der für Bauwerksbegrünung typischen Pflanzen. Berlin: Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte. S.32)

Nummer	Seite	Quelle
Tab. 22	43	Gorbachevskaya, Olga/Herfort, Susanne (2012): Feinstaubbindungsvermögen der für Bauwerksbegrünung typischen Pflanzen. Berlin: Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte. S.27
Tab. 23	43	Gorbachevskaya, Olga/Herfort, Susanne (2012): Feinstaubbindungsvermögen der für Bauwerksbegrünung typischen Pflanzen. Berlin: Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte. S.27
Tab. 24	44	FLL, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (Hg.) (2008): - Dachbegrünungsrichtlinien -, Richtlinien für Planung, Bau und Instandhaltung von Dachbegrünungen. 6. Ausgabe. Bonn. S.58
Tab. 25	45	FLL, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (Hg.) (2008): - Dachbegrünungsrichtlinien -, Richtlinien für Planung, Bau und Instandhaltung von Dachbegrünungen. 6. Ausgabe. Bonn. S.60
Tab. 26	47	BuGG, Bundesverband GebäudeGrün e.V. (2020a): BuGG-Fachinformation „Biodiversitätsgründach“. S.7 Eigene Darstellung
Tab. 27	53	( <a href="https://www.energieversum.de/einspeiseverguetung-photovoltaik-anlage/">https://www.energieversum.de/einspeiseverguetung-photovoltaik-anlage/</a> , Abruf 01.07.2022) ( <a href="https://www.mv-effizient.de/photovoltaikanlagen-einspeiseverguetung-soll-deutlich-steigen/">https://www.mv-effizient.de/photovoltaikanlagen-einspeiseverguetung-soll-deutlich-steigen/</a> , Abruf 01.07.2022)
Tab. 28	53	Eigene Darstellung
Tab. 29	61	Eigene Darstellung (Optigrün, Die Dachbegrüner (2017): Angebot Nr. AN1731025) Eigene Darstellung
Tab. 30	62	(GAWATEC GmbH, Gartenabutechnik - Bewässerung - Klimaregelung/Förster, Christian (2016): Angebot Nr. AN160039.) (wasserWerkstatt/Karpf, Christian (2017): Angebot Nr. AN1117.)
Tab. 31	63	Lohaus, Irene et al. (2021): Modellprojekt Integrales Wassermanagement. Dresden: Technische Universität Dresden. S.86
Tab. 32	65	Eigene Darstellung

## 12 Anhang

Wärmedämmstoff	Nicht druckbelastet		Druckbelastet		Erhöht druckbelastet	
	Kurzzeichen	Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Kurzzeichen	Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Kurzzeichen	Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]
Backkork (BK)	WD	80	WD	80	WDS	120
Imprägnierter Kork (IK)	WD	120	WD	120	WDS	200
Phenolharzschaum (PF)	W	30				
PF	WD	35	WD	35	WS	35
PF	WS	35	WD	35	WS	35
Expandiertes Polystyrol (EPS)	W	15				
EPS	WD	20	WD	20	WS	30
EPS	WS	20	WD	20	WS	30
Polystyrol-Extruderschaum (XPS)	W	15				
XPS	WD	25	WD	25		
XPS	WS	30	WS	30	WS	30
Polyurethan-Hartschaum (PUR)	W	30				
PUR	WD	30	WD	30	WS	30
PUR	WS	30	WS	30	WS	30
Faserdämmstoff Min	WD	90 bis 120	WD	90 bis 120		
Schaumglas SG (Schotter)	WDS	100 bis 140	WDS	100 bis 140	WDS	100 bis 140
SG (Platte)	WDH	120 bis 165	WDH	120 bis 165	WDH	120 bis 165

W – Wärmedämmstoff nicht druckbelastet; WD – Wärmedämmstoff druckbelastet; WS – Wärmedämmung erhöht druckbelastet; WDS – Wärmedämmung unter Druck verteilenden Böden; WDH – Wärmedämmung erhöht druckbelastbar unter Druck verteilenden Böden

Anhang 1 - Wärmedämmstoffe für Dächer

Kolb, Walter (2016): Dachbegrünung Planung, Ausführung, Pflege. S.29

### Sächsische Bauordnung (SächsBO) vom 19.05.2010

#### § 32 Dächer

...

(4) Abweichend von den Absätzen 1 und 2 (harte Bedachung) sind

1. lichtdurchlässige Teilflächen aus brennbaren Baustoffen in Bedachungen nach Absatz 1 und
2. begrünte Bedachungen

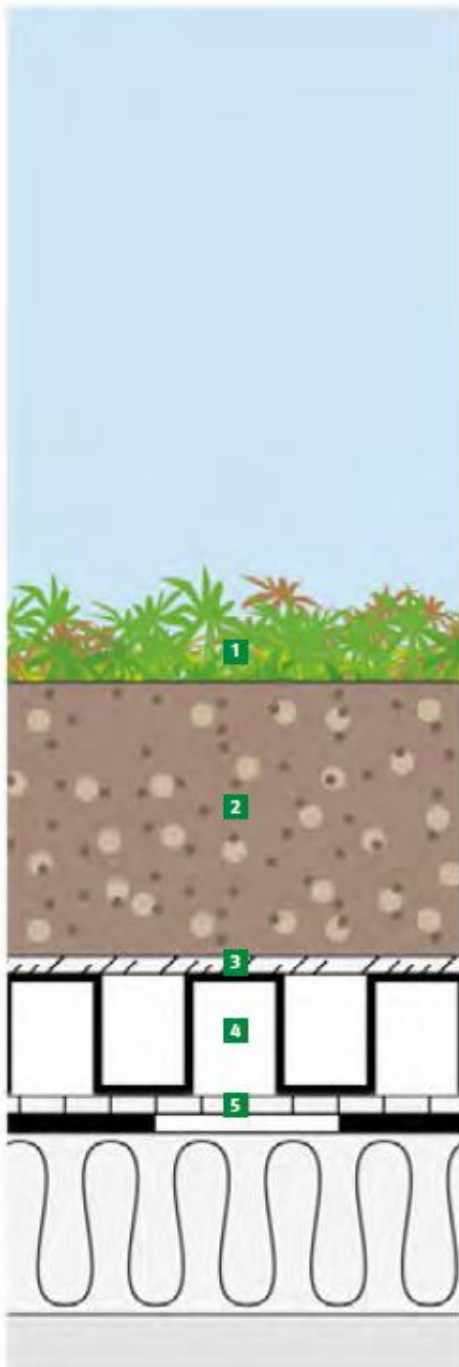
zulässig, wenn eine Brandentstehung bei einer Brandbeanspruchung von außen durch Flugfeuer und strahlende Wärme nicht zu befürchten ist oder Vorkehrungen hiergegen getroffen werden.

(7) Dächer von Anbauten, die an Außenwände mit Öffnungen oder ohne Feuerwiderstandsfähigkeit anschließen, müssen innerhalb eines Abstands von 5 m von diesen Wänden als raumabschließende Bauteile für eine Brandbeanspruchung von innen nach außen einschließlich der sie tragenden und aussteifenden Bauteile die Feuerwiderstandsfähigkeit der Decken des Gebäudeteils haben, an den sie angebaut werden. Dies gilt nicht für Anbauten an Wohngebäude der Gebäudeklassen 1 bis 3.

Anhang 2 - Auszug aus der SächsBO zum Brandverhalten von Gründächern

Sachsen (2010): Sächsische Bauordnung. §32





**1 Sedum-Sprossen und Saatgutmischung EKR**

alternativ: Anspritzbegrünung / Nassansaat, mehrere Arten Sedum-Sprossen, speziell abgestimmte Saatgutmischung mit vielen Kräutern und auf Wunsch mit Gräsern



**2 Extensivsubstrat E (6 cm)**

Auf mehrschichtige extensive Bauweise abgestimmtes Substrat mit hoher Wasserspeicherkapazität und gutem Luftporenvolumen



**Triangel-Kombi-Schacht TKS Plus**

(nicht in Zeichnung enthalten)  
Einfache Kontrolle der Dachabläufe, in 10 cm-Stufen aufstockbar, seitlich und oben Entwässerungsöffnungen



**3 Filtervlies FIL 105**

Verhindert das Einschlämmen von Feinteilen in die Dränschicht bei gleichzeitig hoher Wasserdurchlässigkeit



**4 Drän- und Wasserspeicherelement FKD 25 (2,5 cm)**

Vermeidung von Staunässe bei gefällelosen Dächern und bei großen Fließlängen, leichter Aufbau bei hoher Dränleistung, Wasserspeicher



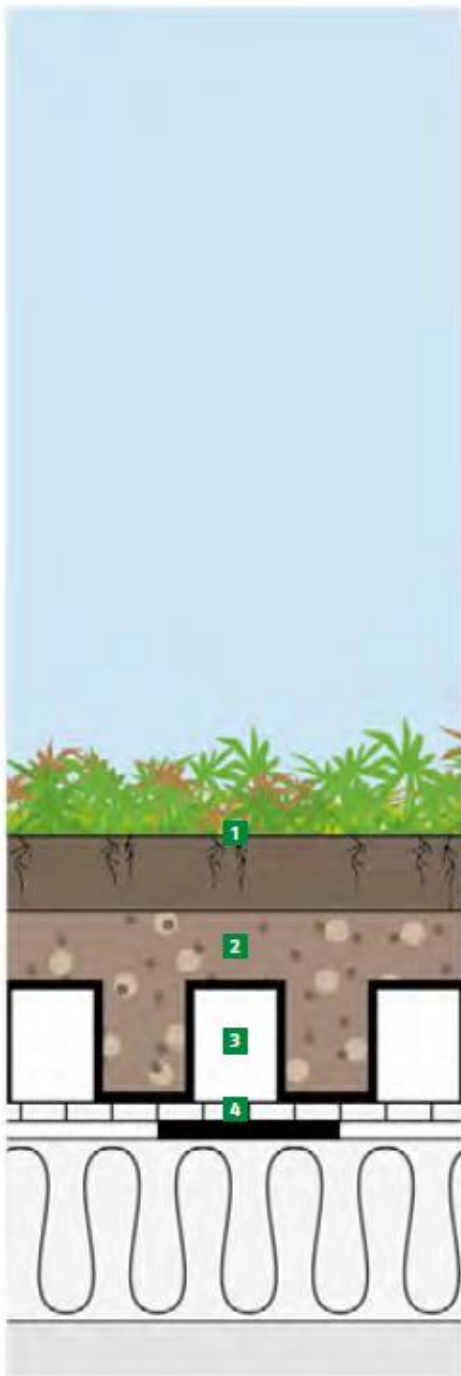
**5 Trenn-, Schutz- und Speichervlies RMS 300<sup>1</sup>**

Schützt die Dachabdichtung vor Beschädigung und speichert Wasser. Bei Umkehrdächern anstelle des RMS-Vlieses das Rieselschutzvlies RSV 120 verwenden.



Anhang 3 - Schichtaufbau Spardach

Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S. 18



**1 Vegetationsmatte**

Vorkultivierte Vegetationsmatte zur schnellen Vegetationsetablierung gegen Winderosion, mit verrottungsfähiger Trägereinlage



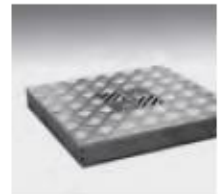
**2 Leichtsubstrat L 30 l/m<sup>2</sup>**

Auf leichte einschichtige extensive Bauweise abgestimmtes Substrat mit geringem Gewicht und dennoch hoher Wasserspeicherkapazität



**Flach-Kontrollschacht LD** (nicht in Zeichnung enthalten)

Einfache Kontrolle der Dachabläufe, Einbau auf dem Drän- und Wasserspeicherelement FKD 25



**3 Drän- und Wasserspeicherelement FKD 25 (2,5 cm)**

Vermeidung von Staunässe bei gefällelosen Dächern und bei großen Fließlängen, leichter Aufbau bei hoher Dränleistung, Wasserspeicher



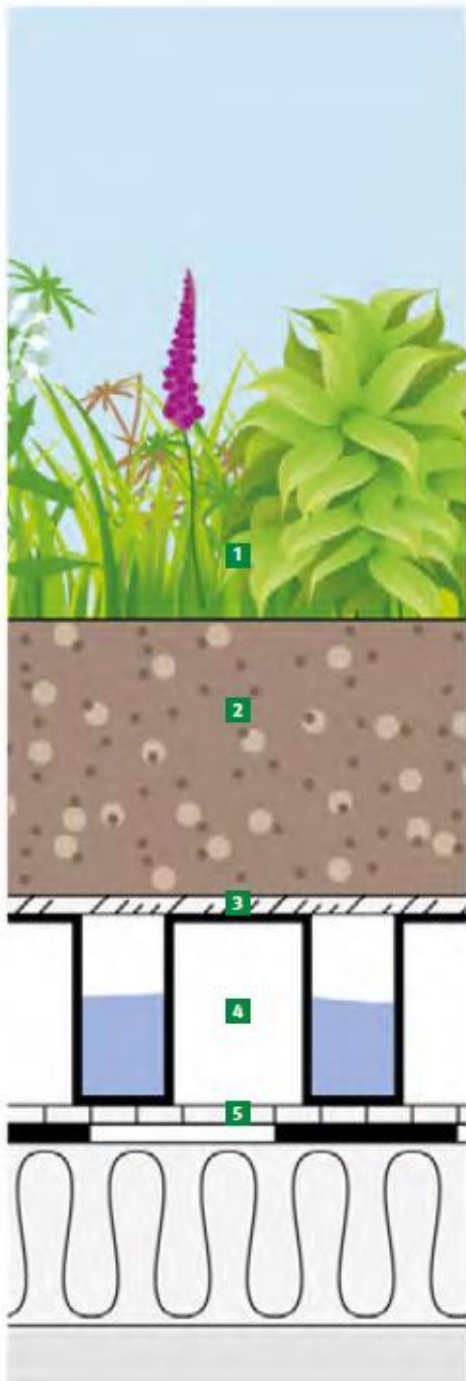
**4 Trenn-, Schutz- und Speichervlies RMS 300<sup>2</sup>**

Schützt die Dachabdichtung vor Beschädigung und speichert Wasser



Anhang 4 - Schichtaufbau Leichtdach

Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S. 22



**1 Stauden und/oder Sedum-Sprossen in Kombination mit Saatgutmischung EKR**

vorkultivierte Stauden, mehrere Arten Sedum-Sprossen, speziell abgestimmte Saatgutmischung mit vielen Kräutern und auf Wunsch mit Gräsern



**2 Extensivsubstrat E (6–21 cm)**

Auf mehrschichtige, extensive Bauweise abgestimmtes Substrat mit hoher Wasserspeicherkapazität und gutem Luftporenvolumen, Mindesthöhe 6 cm, Anhögelung bis zu 21 cm



**3 Triangel-Kombi-Schacht TKS Plus** (nicht in Zeichnung enthalten)

Einfache Kontrolle der Dachabläufe, in 10 cm-Stufen aufstockbar, seitlich und oben Entwässerungsöffnungen



**3 Filtervlies FIL 105**

Verhindert das Einschlämmen von Feinteilen in die Dränschicht bei gleichzeitig hoher Wasserdurchlässigkeit



**4 Drän- und Wasserspeicherelement FKD 40 (4 cm)**

Hoher pflanzenverfügbare Wasserspeicher, Vermeidung von Staunässe bei gefällelosen Dächern und bei großen Fließlängen, leichter Aufbau bei hoher Dränleistung



**5 Trenn-, Schutz- und Speichervlies RMS 300<sup>1</sup>**

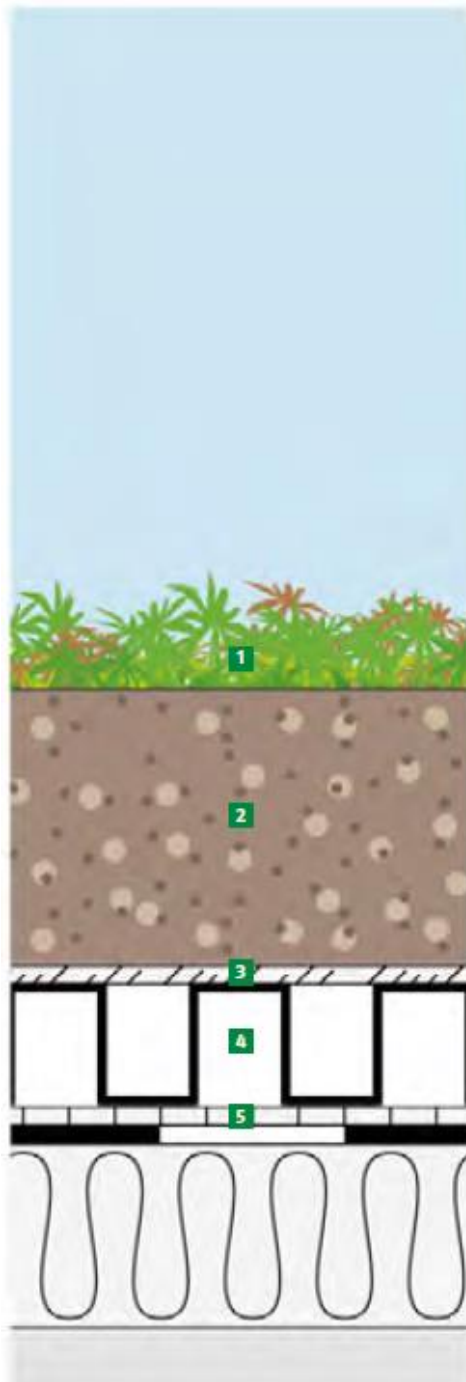
Schützt die Dachabdichtung vor Beschädigung und speichert Wasser. Bei Umkehrdächern anstelle des RMS-Vlieses das Rieselschutzvlies RSV 120 verwenden.



Anhang 5 - Schichtaufbau Naturdach

Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S. 26





**1 Sedum-Sprossen und Saatgutmischung EKR**

Mehrere Arten Sedum-Sprossen, speziell abgestimmte Saatgutmischung mit vielen Kräutern und auf Wunsch mit Gräsern



**2 Extensivsubstrat E (6 cm)**

Auf mehrschichtige extensive Bauweise abgestimmtes Substrat mit hoher Wasserspeicherkapazität und gutem Luftporenvolumen



**3 Triangel-Kombi-Schacht TKS Plus** (nicht in Zeichnung enthalten)

Einfache Kontrolle der Dachabläufe, in 10 cm-Schritten aufstockbar, seitlich und oben Entwässerungsöffnungen



**3 Filtervlies FIL 105**

Verhindert das Einschlämmen von Feinteilen in die Dränschicht bei hoher Wasserdurchlässigkeit



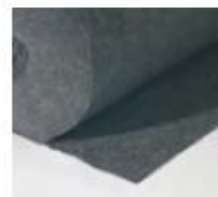
**4 MÄANDER- und Wasserrückhalteelement FKM 30 (3 cm)**

Stark verzögerter Abfluss von Überschusswasser, leichter Aufbau bei hoher Dränleistung, temporärer Wasserspeicher



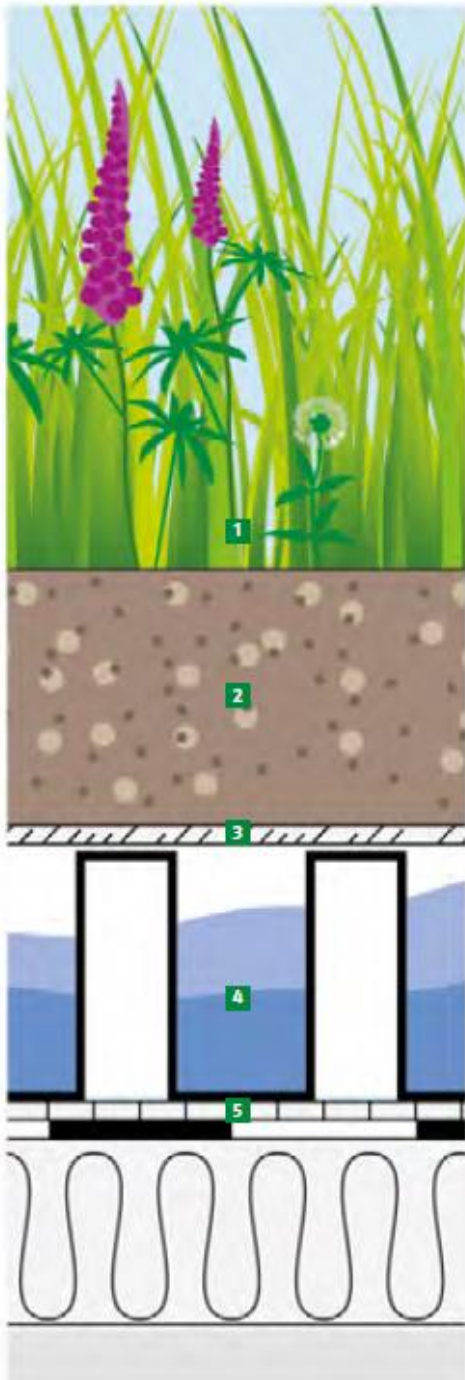
**5 Trenn-, Schutz- und Speichervlies RMS 300\***

Schützt die Dachabdichtung vor Beschädigung und speichert Wasser



Anhang 6 - Schichtaufbau Retentionsdach (Mäander 30)

Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S. 33



**1 Stauden und/oder Sedum-Sprossen in Kombination mit Saatgutmischung EKR**

In Dachsubstrat vorkultivierte Stauden, mehrere Arten Sedum-Sprossen, speziell abgestimmte Saatgutmischung mit vielen Kräutern und auf Wunsch mit Gräsern



**2 Extensivsubstrat E (6 cm)**

Auf mehrschichtige, extensive Bauweise abgestimmtes Substrat mit hoher Wasserspeicherkapazität und gutem Luftporenvolumen



**3 Triangel-Kombi-Schacht TKS Plus (nicht in Zeichnung enthalten)**

Einfache Kontrolle der Dachabläufe, in 10 cm-Schritten aufstockbar, seitlich und oben Entwässerungsöffnungen



**3 Filtervlies FIL 105**

Verhindert das Einschlämmen von Feinteilen in die Dränschicht bei hoher Wasserdurchlässigkeit



**4 MÄANDER- und Wasserrückhalteelement FKM 60 (6 cm)**

Stark verzögerter Abfluss von Überschusswasser, hoher Rückhalt bei hoher Dränleistung, großer dauerhafter Wasserspeicher



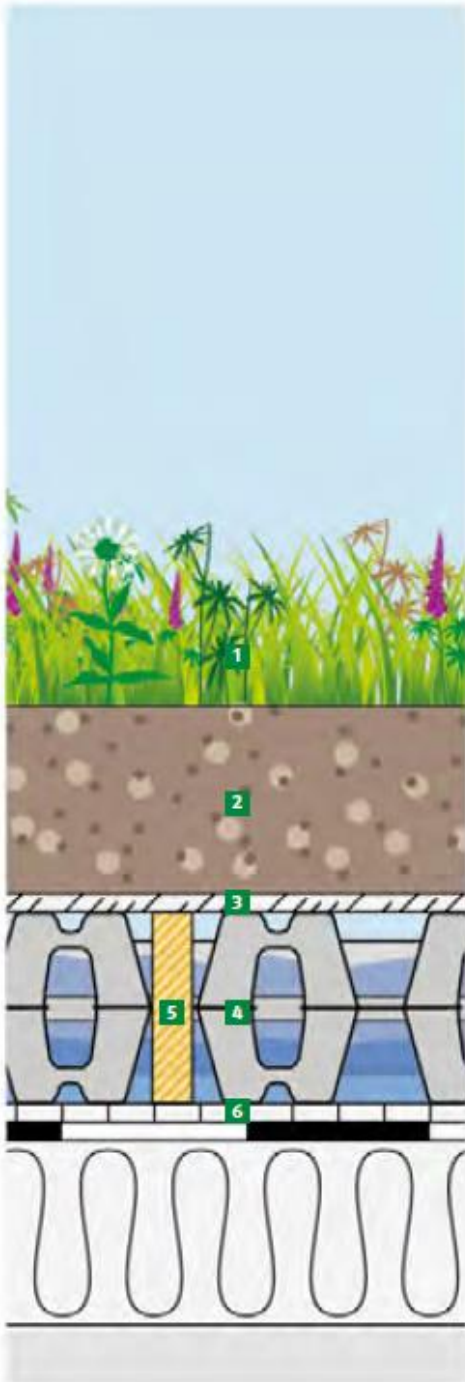
**5 Trenn-, Schutz- und Speichervlies RMS 300\***

Schützt die Dachabdichtung vor Beschädigung und speichert Wasser



Anhang 7 - Schichtaufbau Retentionsdach (Mäander 60)

Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S. 35



**1 Stauden und/oder Sedum-Sprossen in Kombination mit Saatgutmischung EKR**

In Dachsubstrat vorkultivierte Stauden, mehrere Arten Sedum-Sprossen, speziell abgestimmte Saatgutmischung mit vielen Kräutern und auf Wunsch mit Gräsern



**2 Extensivsubstrat E (6 cm)**

Auf mehrschichtige, extensive Bauweise abgestimmtes Substrat mit hoher Wasserspeicherkapazität und gutem Luftporenvolumen



**3 Saug- und Kapillarlvlies RMS 500K**

Optimale Wasserverteilung unter der Substratschicht



**4 Wasser-Retentionsbox WRB 80F**

Hohlraumvolumen zur Retention, abgestimmt auf darüberliegende Vegetation, geringes Gewicht, hohes Wasserspeichervolumen, mit Kapillarsäulen



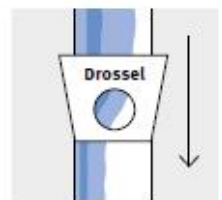
**5 Kapillarsäule**

Stellt den Transport des angestauten Regenwassers in die Substratebene sicher.



**Ablaufdrossel (nicht in Zeichnung enthalten)**

Anstauregler mit definierten Perforationen, der das Wasser mit zeitlicher Verzögerung ablaufen lässt.



**6 Trenn-, Schutz- und Speichervlies RMS 300\***

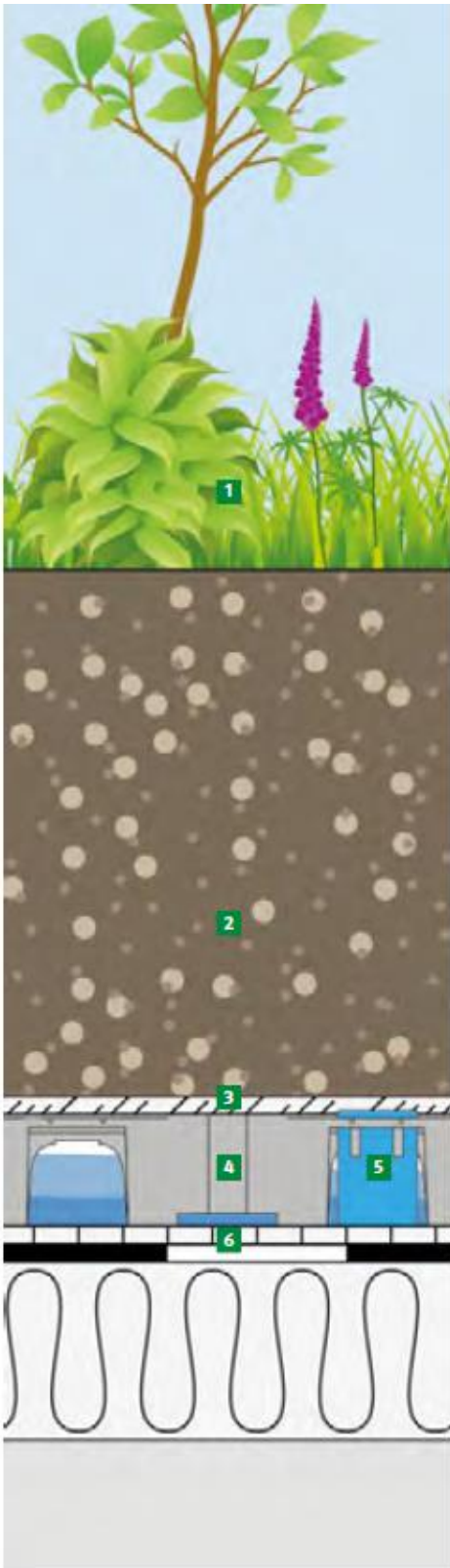
Schützt Dachabdichtung vor Beschädigung und speichert Wasser. Bei Umkehrdächern anstelle des RMS-Vlieses das Rieselschutzvlies RSV 120 verwenden.



Anhang 8 - Schichtaufbau Retentionsdach (Drossel, extensiv/einfach intensiv)

Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S. 41





**1 Intensivbegrünung**

**2 Intensivsubstrat i<sup>s</sup> (23–40 cm).  
Alternativ: Rasensubstrat R (20–30 cm)**

Auf mehrschichtige intensive Bauweise abgestimmtes Substrat mit hoher Wasserspeicherkapazität, guter Durchlässigkeit und gutem Luftporenvolumen



**3 Saug- und Kapillarlies RMS 500K**

Optimale Wasserverteilung unter der Substratschicht



**4 Wasser-Retentionsbox WRB 85**

Hohlraumvolumen zur Retention, hohe Druckstabilität, geringes Gewicht, mit Kapillarbrücken in Vegetationsflächen, ohne Kapillarbrücken unter Verkehrsdach



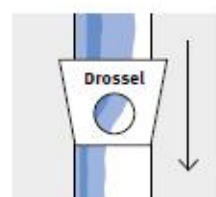
**5 Kapillarbrücke**

Stellt den Transport des angestauten Regenwassers in die Substratebene sicher.



**6 Ablaufdrossel (nicht in Zeichnung enthalten)**

Anstaueregler mit definierten Perforationen, der das Wasser mit zeitlicher Verzögerung ablaufen lässt.



**7 Trenn-, Schutz- und Speichervlies RMS 900 unter Grünflächen**

Schützt Dachabdichtung vor Beschädigung und speichert Wasser. Bei Umkehrdächern anstelle des RMS-Vlieses das Rieselschutzvlies RSV 120 verwenden.



Anhang 9 - Schichtaufbau Retentionsdach (Drossel, intensiv)

Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S. 43



**1 Intensivsubstrat i\* (23–40 cm).**  
**Alternativ: Rasensubstrat R (20–30 cm)**  
 Auf mehrschichtige intensive Bauweise abgestimmtes Substrat mit hoher Wasserspeicherkapazität, guter Durchlässigkeit und gutem Luftporenvolumen



**2 Filtervlies FIL 105**  
 Verhindert das Einschlämmen von Feinteilen in die Dränschicht bei hoher Wasserdurchlässigkeit



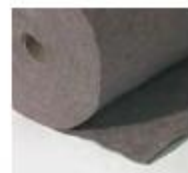
**3 Drän- und Wasserspeicherelement FKD 60BO (6 cm)**  
 Hoher Wasserspeicher, schneller Abfluss von Überschusswasser, Vermeidung von Staunässe, leichter Aufbau bei hoher Dränleistung, verfüllt mit Perl 8/16



**Triangel-Kombi-Schacht TKS Plus**  
 (nicht in Zeichnung enthalten)  
 Zur einfachen Kontrolle der Dachabläufe, in 10 cm-Stufen aufstockbar, seitlich und oben Entwässerungsöffnungen



**4 Trenn-, Schutz- und Speichervlies RMS 500**  
 Schützt Wurzelschutzbahn bzw. Dachabdichtung vor Beschädigung und speichert Wasser<sup>5</sup>



Anhang 10 - Schichtaufbau Gartendach

Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S. 67



**1 Kräuter, Obst und Gemüse**

Je nach Wunsch in Abhängigkeit vom Schichtaufbau



**2 Intensivsubstrat Urban Soil US (8–40 cm)³**

Abgestimmtes Substrat für Obst- und Gemüseanbau mit hoher Wasserspeicherkapazität, guter Durchlässigkeit und gutem Luftporenvolumen



**3 Filtervlies FIL 105**

Verhindert das Einschlämmen von Feinteilen in die Dränschicht bei hoher Wasserdurchlässigkeit



**4 Saug- und Kapillarlvlies RMS 500K**

Alternativ zu Filtervlies FIL 105, Matte mit hoher Kapillarität für horizontale Wasserverteilung, Verlegung auf dem Drän- und Wasserspeicherelement FKD 40; darüber die bauseits gelieferten Tropfschläuche



**5 Drän- und Wasserspeicherelement FKD 40 (4 cm)**

Schneller Abfluss von Überschusswasser, Vermeidung von Staunässe, leichter Aufbau bei hoher Dränleistung, diffusionsoffene Entspannungsschicht



**Triangel-Kombi-Schacht TKS Plus (nicht in Zeichnung enthalten)**

Zur einfachen Kontrolle der Dachabläufe, in 10 cm-Stufen aufstockbar, seitlich und oben Entwässerungsöffnungen



**6 Trenn-, Schutz- und Speichervlies RMS 500**

Schützt Wurzelschutzbahn bzw. Dachabdichtung vor Beschädigung und speichert Wasser



Anhang 11 - Schichtaufbau Gartendach ("Urban Farming")

Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S. 69





### 1 Intensivsubstrat i' (20–35 cm)

Alternativ: Rasensubstrat R (20–30 cm), auf mehrschichtige, intensive Bauweise bzw. begehbaren Rasen abgestimmtes Substrat mit hoher Wasserspeicherkapazität, guter Durchlässigkeit und gutem Luftporenvolumen



### 2 Untersubstrat U'

Auf hohe intensive Bauweise abgestimmtes mineralisches Substrat, als Füllsubstrat und Durchwurzelungsraum zwischen Drän- und Filterschicht und dem Intensivsubstrat bzw. dem Rasensubstrat



### 3 Filtervlies FIL 105

Verhindert das Einschlämmen von Feinteilen in die Dränschicht bei hoher Wasserdurchlässigkeit



### 4 Drän- und Wasserspeicherelement FKD 60BO (6 cm)

Hoher Wasserspeicher, schneller Abfluss von Überschusswasser leichter Aufbau bei hoher Dränleistung, verfüllt mit Perl 8/16



### Triangel-Kombi-Schacht TKS Plus

(nicht in Zeichnung enthalten)

Zur einfachen Kontrolle der Dachabläufe, in 10 cm-Stufen aufstockbar, seitlich und oben Entwässerungsöffnungen



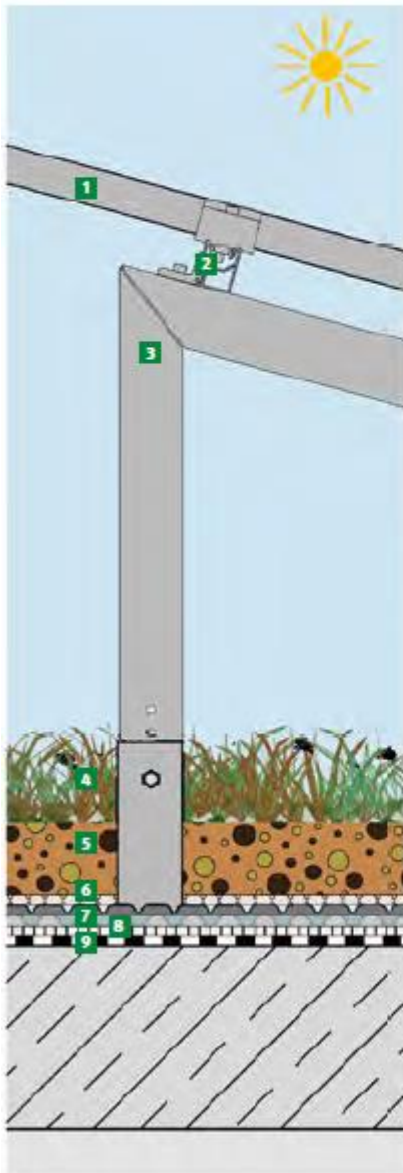
### 5 Trenn-, Schutz- und Speichervlies RMS 900

Schützt Wurzelschutzbahn bzw. Dachabdichtung vor Beschädigung und speichert Wasser. Bei Umkehrdächern unter der Dämmung verlegen.



Anhang 12 - Schichtaufbau Landschaftsdach

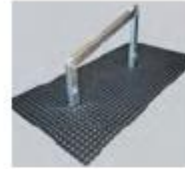
Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S. 74



**1 Photovoltaik-Modul**  
Fabrikat frei wählbar



**2 + 3 Solaraufständerung Solar FKD 25MA**  
Auflastgehaltene Solaraufständerung bestehend aus Bodenplatte und Bügel sowie Drän- und Wasserspeicherelement FKD 25MA



**4 Sedum-Sprossen**  
Sedum-Sprossen in mehreren Arten



**5 Extensivsubstrat**  
Auf extensive Bauweise abgestimmtes Substrat



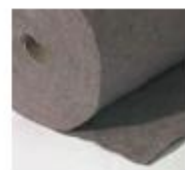
**6 Filtervlies FIL 150**  
Verhindert das Einschlämmen von Feinteilen in die Dränschicht bei gleichzeitig hoher Wasserdurchlässigkeit



**7 Drän- und Wasserspeicherelement FKD 25 (2,5 cm)**  
Mit großem Wasserspeicher und optimaler Wasserverteilung



**8 Trenn-, Schutz- und Speichervlies RMS 500**  
Schützt die Dachabdichtung vor Beschädigung und speichert Wasser



**9 Geeignete Unterkonstruktion**  
Auf geeignetem Dachaufbau mit 0–5 Grad Gefälle

Anhang 13 - Schichtaufbau Solargründach (FKD)

Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S. 93



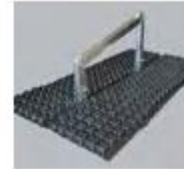
**1 Photovoltaik-Modul**

Fabrikat frei wählbar



**2 + 3 Solaraufständerung WRB 80FMA**

Auflastgehaltene Solaraufständerung bestehend aus Bodenplatte und Bügel sowie Wasser-Retentionsbox WRB 80FMA



**4 Sedum-Sprossen**

Sedum-Sprossen in mehreren Arten



**5 Extensivsubstrat**

Auf extensive Bauweise abgestimmtes Substrat



**6 Saug- und Kapillarlies RMS 500K**

Optimale Wasserverteilung unter der Substratschicht



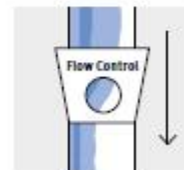
**7 Wasser-Retentionsbox WRB 80F**

Hohlraumvolumen zur Retention, abgestimmt auf darüberliegende Vegetation, geringes Gewicht, hohes Wasserspeichervolumen, mit Kapillarsäulen



**Ablaufdrossel (nicht in Zeichnung enthalten)**

Anstaueregler mit definierten Perforationen, der das Wasser mit zeitlicher Verzögerung ablaufen lässt.



**8 Trenn-, Schutz- und Speichervlies RMS 500**

Schützt die Dachabdichtung vor Beschädigung und speichert Wasser



**9 Geeignete Unterkonstruktion**

Auf geeignetem Dachaufbau mit 0 Grad Gefälle

Anhang 14 - Schichtaufbau Solargründach (WRB)

Optigrün, Die Dachbegrüner (Hg.): Durchdachte Gründach Lösungen vom Experten: Planungsunterlage. S. 95



	Spar- dach	Leicht- dach	Natur- dach	Retentions- dach (Mäander)	Retentions- dach (Drossel)	Garten- dach	Landschafts- dach	Solargrün- dach
<b>Gewicht [kN/m<sup>2</sup>]</b> <sup>1</sup>	0,9	0,55	0,95	0,9 – 1,2	1,0-3,1	1,5 - 3,2	6,0	1,1 – 1,2
<b>Systemhöhe [cm]</b>	ab 8	ab 6	ab 10	ab 9/12	Ab 14/33	Ab 12/26	Ab 42	Ab 8/14
<b>Dachneigung [°]</b>	0 -5	0 – 5	0 -5	0 – 5	0	0 – 5	0 – 5	0 -5
<b>Vegetationsform</b>	Sedum, Kräuter, Gräser	Sedum, Moos	Kräuter, Gräser, Sedum, ggf. Ge- hölze	Sedum, ggf. Kräuter, Gräser	Sedum, Kräu- ter, Gräser, ggf. Gehölze, Stauden, Ra- sen, Bäume	Stauden, Gehölze, Rasen, Kräuter, Gemüse, Beeren	Stauden, Ge- hölze, Bäume	Sedum, Sprossen
<b>Wasserrückhalt [%/a]</b>	50 - 60	40 – 50	50 – 70	50 – 70	Individuell	50 - 95	80 – 95	50 – 60
<b>Spitzenabfluss- beiwert</b> <sup>2</sup>	0,4 – 0,5	0,5 – 0,6	0,3 – 0,5	0,1 – 0,17	Individuell	0,05 - 0,5	0,05 – 0,2	0,4 – 0,5
<b>Wasserspeicher [l/m<sup>2</sup>]</b>	25	18	30 -80	40-100 (19- 32) <sup>4</sup>	95-150 (75- 80) <sup>4</sup>	45 – 160	180 – 320	25-150 (72) <sup>4</sup>
<b>Kosten [€/m<sup>2</sup>]</b> <sup>3</sup>	ab 23	ab 44	ab 28	ab 25/30	Ab 39/80	Ab 40/55	Ab 75	Ab 75/90
<b>Ökologische Wertigkeit</b>	2/5	1/5	5/5	2-4/5	3-5/5	4/5	4/5	2-5/5*
<b>Pflegeaufwand</b>	1/5	2/5	2/5	1-2/5	2-5/5	4/5	4/5	2-5/5*
<b>Extensiv</b>	X	X	X	X	X			X
<b>Einfach</b>			X	X	X			
<b>Intensiv</b>						X	X	

<sup>1)</sup> Materialgewicht regional unterschiedlich, wassergesättigter Zustand (Trocken ca. 60-70%)

<sup>2)</sup> nach aktueller FLL

<sup>3)</sup> Kostenrichtwert für 1000m<sup>2</sup> (inkl. Einbau), Netto, regional unterschiedlich

<sup>4)</sup> temporäres Retentionsvolumen [l/m<sup>2</sup>]

	4	6	8	10	12	15	18	20
Moos-Sedum								
Sedum-Moos-Kraut								
Sedum-Kraut-Gras								
Gras-Kraut								

Anhang 16 - Aufbaudicken [cm] verschiedener extensiver Begrünungsarten

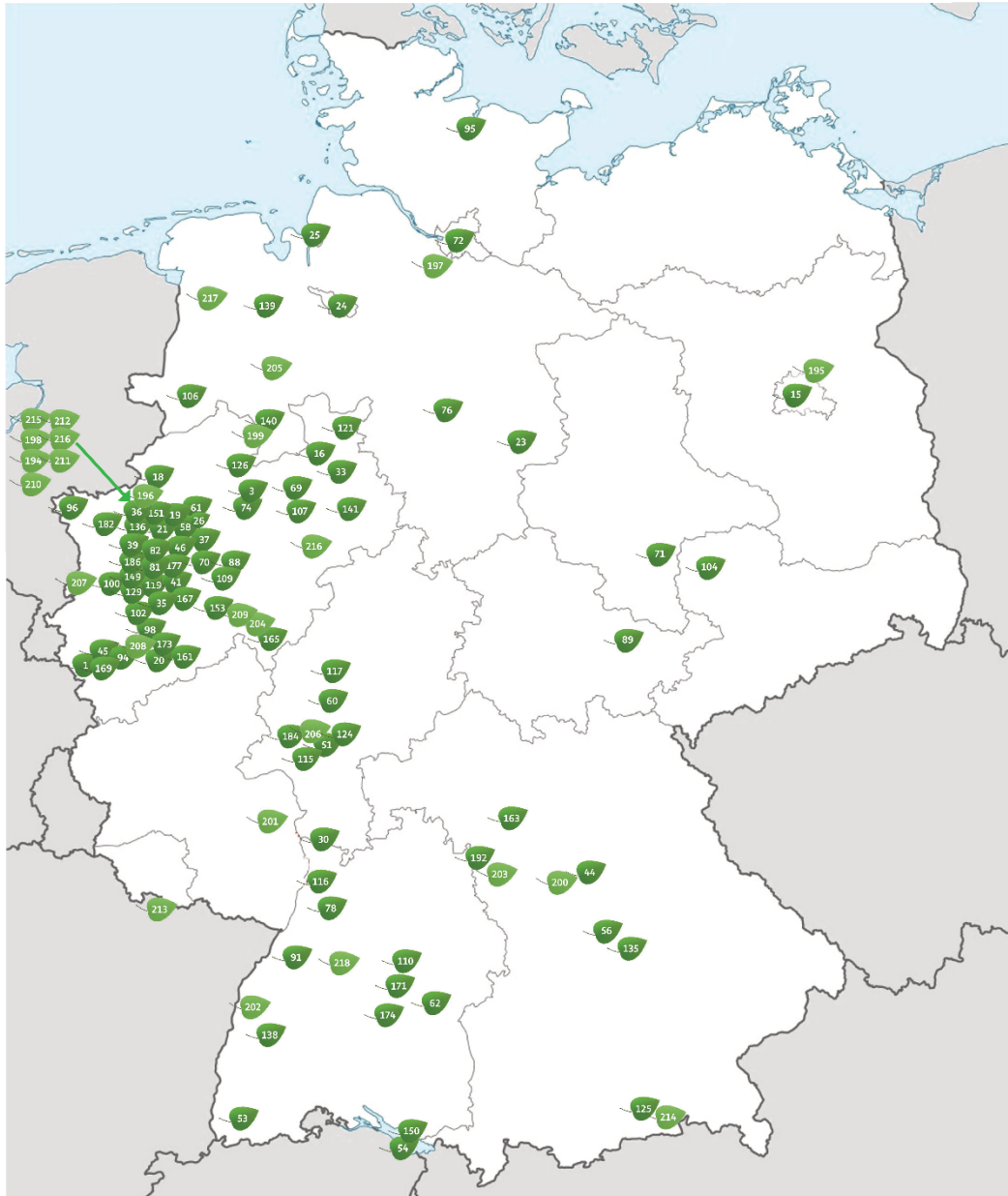
	12	15	18	20	25	30	35	40	45	50	90	100
Gras-Kraut												
Wildstauden-Gehölz												
Gehölz-Stauden												
Gehölz												

Anhang 17 - Aufbaudicken [cm] verschiedener einfach intensiver Begrünungsarten

	12	15	20	30	35	45	50	60	70	100	125	150	200
Rasen													
Niedrige Stauden & Gehölze													
Mittelhohe Stauden & Gehölze													
Hohe Stauden & Sträucher													
Große Sträucher & kleine Bäume													
(Mittel-)Hohe Bäume													
Hohe Bäume													

Anhang 18 - Aufbaudicken [cm] verschiedener intensiver Begrünungsarten

FLL, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (Hg.) (2008): - Dachbegrünungsrichtlinien -, Richtlinien für Planung, Bau und Instandhaltung von Dachbegrünungen. 6. Ausgabe. Bonn. S.57



Nr.	Stadt	Nr.	Stadt	Nr.	Stadt	Nr.	Stadt	Nr.	Stadt
1	Aachen	36	Dorsten	69	Gütersloh	98	Köln	126	Münster
3	Ahlen	37	Dortmund	70	Hagen	100	Krefeld	129	Neuss
15	Berlin	39	Duisburg	71	Halle	102	Langenfeld	135	Nürnberg
16	Bielefeld	41	Düsseldorf	72	Hamburg	104	Leipzig	136	Oberhausen
18	Bocholt	44	Erlangen	74	Hamm	106	Lingen (Ems)	138	Offenburg
19	Bochum	45	Eschweiler	76	Hannover	107	Lippstadt	139	Oldenburg
20	Bonn	46	Essen	78	Heidelberg	109	Lüdenscheid	140	Osnabrück
21	Bottrop	51	Frankfurt a. M.	81	Herne	110	Lugwigsburg	141	Paderborn
23	Braunschweig	53	Freiburg i. Br.	82	Herten	115	Mainz	149	Ratingen
24	Bremen	54	Friedrichshafen	88	Iserlohn	116	Mannheim	150	Ravensburg
25	Bremerhaven	56	Fürth	89	Jena	117	Marburg	151	Recklinghausen
26	Castrop-Rauxel	58	Gelsenkirchen	91	Karlsruhe	119	Meerbusch	153	Remscheid
30	Darmstadt	60	Gießen	94	Kerpen	121	Minden	161	Sankt Augustin
33	Detmold	61	Gladbeck	95	Kiel	124	Mühlheim a. d. R.	163	Schweinfurt
35	Dormagen	62	Göppingen	96	Kleve	125	München	165	Siegen

Städte unter 50.000 E (194 - 218).

Anhang 19 - Städte mit Förderprogrammen für Dach- bzw. Fassadenbegrünungen (Stand 11/2021)

BuGG, Bundesverband GebäudeGrün e.V. (Hg.) (2021): BuGG-Marktreport 2021. S.43

Art und Umfang der Förderung sind den vorhergehenden Seiten des Quelltextes zu entnehmen.

Autor Erscheinungsjahr	Ort	Klima	Untersuchungsgegenstand	Untersuchungsart	Mehrertrag der PV-An- lage [%]
Köhler et al., 2007	DE, Berlin	Gemäßigt	Gründach im Vergleich mit Bitumen	Versuch	6,5
Witmer, 2010	Amerika	Gemäßigt	Gründach im Vergleich mit schwarzem Untergrund	Theorie	0,08
Witmer, 2010	Amerika	Gemäßigt	Gründach im Vergleich mit weißem Untergrund	Theorie	0,55
ZinCo GmbH, 2010	DE, Nürtingen	Gemäßigt	Gründach im Vergleich mit Bitumen	Versuch	4
Hui & Chan, 2011	CHN, Hong Kong	Feucht, subtropisch	Gründach im Vergleich mit Bitumen	Theorie	8,3
Perez et al., 2012	USA, New York	Gemäßigt	Gründach im Vergleich mit Kies	Hybrid	2,24
Nagengast et al, 2013	USA, Pittsburgh	Gemäßigt	Gründach im Vergleich mit schwarzem Untergrund	Versuch	0,5
Hendarti, 2013	SGP	Tropisch	Gründach im Vergleich mit Beton	Versuch	< 1 bis 2
Chemisana & Lemanatou, 2014	ESP, Lleida	Gemäßigt	Gründach im Vergleich mit Kies	Versuch	1,29 bis 3,33
Osma et al., 2016	COL, Santander	Tropisch	Gründach im Vergleich mit schwarzem Untergrund	Versuch	2,8
Baumann et al., 2016	CHE, Winterthur	Gemäßigt	Gründach im Vergleich mit Kies	Versuch	0,7
Baumann et al., 2018	CHE, Winterthur	Gemäßigt	Vgl. bifazialer Module zwischen silberlaubigen und grünen Pflanzen	Versuch	17 (silber)

Anhang 20 - Übersicht zur Ertragssteigerung durch Solar-Gründächer

BuGG, Bundesverband GebäudeGrün e.V. (2020b): BuGG Fachinformation „Solar-Gründach“. S.6

Arbeitsbereich	Aufgabe	Häufigkeit	Verantwortlichkeit
Anlage allgemein	Überprüfung und ggf. Reinigung der Regenrinnen und Freihalten der Fallrohrsiebe	Bei jeder Begehung, mind. aber alle 2 Wochen	Alle
	Allgemeine Überprüfung des Gründachs auf Ordnung und Schäden (z.B. Stromkästen geschlossen, Arbeitsgeräte weggeräumt)	Bei jeder Begehung	Alle
	Rasenmähen um die Klimastation und um das Gründach	Monatlich	Botanischer Garten
Pflanzen	Bonitur	Alle 2 Wochen in der Vegetationsperiode	Landschaftsarchitektur
	Unkrautentfernung Nebenflächen	Monatlich in der Wachstumsperiode	Landschaftsarchitektur
	Drohnenbefliegung	Alle 2 Wochen	Landschaftsarchitektur
Messsystem	Überprüfung des Auslaufschlitzes der Ablaufbehälter	Monatlich	Siedlungswasserwirtschaft
	Ablassen und Reinigung der Ablaufbehälter	2 x jährlich	Siedlungswasserwirtschaft
	Überprüfung des Niederschlagsmessers auf Verstopfung	Bei jeder Begehung, mind. aber alle 2 Wochen	Siedlungswasserwirtschaft
	Überprüfung und Säuberung der HydraProbe-Sensoren von Organik und oberflächlichem Rost	1 x jährlich	Siedlungswasserwirtschaft
	Überprüfung der Messsensoren auf Ausfälle und der Ventile auf Dichtigkeit (→ Alarmierung per SMS oder Mail wird zeitnah hinterlegt)	mind. 2 x wöchentlich	Siedlungswasserwirtschaft, Meteorologie
	Reinigung der Go-Sonden mit schwacher Säure	2 x jährlich	Siedlungswasserwirtschaft
Bewässerungssystem	Spülung des Bewässerungssystems bei Verschmutzung	Bei Bedarf (Ventile undicht)	Siedlungswasserwirtschaft, Landschaftsarchitektur
	Ablassen des Bewässerungssystems für die Winterruhe (Frostschutz!)	1 x jährlich im November oder Dezember	Siedlungswasserwirtschaft, Landschaftsarchitektur
	Wiederinbetriebnahme der Bewässerung für Vegetationsperiode	1 x jährlich im März oder April	Siedlungswasserwirtschaft, Landschaftsarchitektur
Pflanzenkläranlage	Ablassen der PKA für die Winterruhe	1 x jährlich im November oder Dezember	Siedlungswasserwirtschaft
	Wiederinbetriebnahme der PKA für die Vegetationsperiode	1x jährlich im März oder April	Siedlungswasserwirtschaft
	Entfernung von Unkraut auf der Pflanzenkläranlage	Bei Bedarf	Siedlungswasserwirtschaft

Anhang 21 - Wartungsplan Gründach (Forschungsprojekt)

Lohaus, Irene et al. (2021): Modellprojekt Integrales Wassermanagement. Dresden: Technische Universität Dresden. S.82

10.04.21			Alle	Schrittweiser Ausfall des gesamten Messsystems (wegen Überschreitung der Speicherkapazität der MS Datenbank)
10.04.21	13:30	15:45	Wasserstand I6?	Entnahme Abflussprobe --> Teilprobe ins Labor mitgenommen?
19.04.21	14:00			Start of the logbook
19.04.21	16:40	17:00	Lysimeter	Bonitur
20.04.21	14:00	17:00	Go-Sonden	Klarwasserkalibrierung (Zulauf: Grauwasser aufbereitet und Grauwasser roh, Ablauf: Kiessmessfeld)
20.04.21	14:15	16:45	Wasserstand II1	Entnahme Abflussprobe --> wieder zurück in Behälter
20.04.21			Alle	Wiederaufnahme der Messung nach Ausfall des gesamten Messsystems
21.04.21	13:30	14:00	Wasserstand II1	Entnahme Abflussprobe --> Teilprobe ins Labor mitgenommen
26.04.21	9:30	13:00	Wasserstand I1	Ausleitung für W-Q-Beziehung
26.04.21	13:00	16:00	Wasserstand I2	Ausleitung für W-Q-Beziehung
25.04.21	8:45		HydraProbes	Ausfall der Messung
26.04.21	13:30		HydraProbes	Wiederaufnahme der Messung
26.04.21	14:00	17:00	HydraProbes, Lysimeter, Wasserstand	Inbetriebnahme der Bewässerung
26.04.21	15:30		HydraProbes I6, III1, III4, III7	Bewässerungsversuche (jeweils 10 L auf definierte Fläche)
26.04.21	15:30	17:30	Wasserstand Gruppe III	Reinigung Schlitze Ablaufbehälter und Auffüllen der Behälter Gruppe III, Befestigung der Behälterfüßen (bei III1 bis III3)
27.04.21	9:00	13:00	Wasserstand I3	Ausleitung für W-Q-Beziehung
27.04.21	13:00	16:00	Wasserstand I5	Ausleitung für W-Q-Beziehung
27.04.21	13:00	14:00	Wasserstand I6	Entnahme Abflussprobe --> Teilprobe ins Labor mitgenommen
27.04.21	13:00	14:00	Go-Sonde Dachablauf	Anpassung Klarwasserkalibrierung (Ablauf Substratmessfeld) --> Pfadlänge 5 mm/Intenstität 6 --> max Ext: 1,16
29.04.21	12:30		HydraProbes II7, CTD-Sonden	Bewässerungsversuch (10 L auf definierte Fläche), Abschalten der Heizung bei den Ablaufbehältern
29.04.21	13:30	15:30	CTD-Sonden I1 und I4 bis I6 und Gruppe II, Niederschlagsmesser, Lysimeter, Kippzähler I1	Reinigung der Ablaufschlitze in Gruppe II und bei I4 bis I6, Nachfüllen der Ablaufbehälter I4 bis I6 und III1 bis III5, Ankleben der Füßen Behälter von I1 und I4 bis I6, Entfernung Unkraut Nebenflächen, Reinigung NS-Messer, Einweisung StuPro-Gruppe
30.04.21	9:00	9:30	Wasserstand II5	Probeentnahme und Wiederauffüllen mit Trinkwasser
30.04.21	11:15	12:00	Kippzähler I1, CTD I1 bis I3	Reinigung der Ablaufschlitze Behälter I1 bis I3, Abbürsten Dachkanten und Reinigung Dachrinnen bei Messgruppe 1 und 2
30.04.21	12:15		HydraProbe III7	Einbau HydraProbe III7 in Behälter mit gesiebtem Substrat (<10 mm, Lagerungsdichte zu gering gewählt) und Bewässerungsversuch
05.05.21	8:30	9:30	Wasserstand II3, II6	Probeentnahme und Wiederauffüllen mit Trinkwasser
06.05.21	8:00	13:00	HydraProbes, CTDs, Kippzähler, Klimastation (langfristig), Wärmeflussplatten und HydraProbe I4 (langfristig --> von Kies auf extensiv), Lysimeter (event. Betreten beim Umbau)	Umbau Kiesfelder I4 auf extensiv und III8 auf intensiv Nebenfläche unbewässert (Bepflanzung ausstehend), Nachbau Gründach unter Klimastation, Auffüllen Kiesstreifen um Dach, Abdichtung der Kante von Lysimeter 1 zum Kiesstreifen, Test / Ausleitung der Bewässerung Gruppe I und II und Teilen von Gruppe III (Undichtigkeiten festgestellt), Reinigung Dachrinnen Gruppe III, Unkrauteinsatz Nebenflächen, HydraProbe III8 in Nebenfläche
01.07.21	9:00	9:45		Bodenprobenahme Feld I6, II2, III1
01.07.21	10:30	11:10	CTD II1	Ausleitung für W-Q-Beziehung (abgebrochener Versuch wegen Regen)
01.07.21	11:15	12:45	CTD Gruppe III, CTD II4, II5, II6, II7	Installation der Siebe in den Fallrohren von Gruppe III sowie Feld II5 und II6, Reinigung der komplett verstopften Siebe der Felder II4 und II7
06.07.21	9:15	17:00	CTD II1	Ausleitung für W-Q-Beziehung
06.07.21	14:00	15:30	CTDs	Reinigung der Regenrinnen
08.07.21	8:30	11:00		Bodenprobenahme Feld I6, II2, III1; Unkrauteinsatz Nebenflächen
08.07.21	9:00	9:45	CTDs	Reinigung der Regenrinnen / Entfernung der Siebe in den Rinnen
12.07.21	16:30	18:30		Testbefliegung Drohne für Bonitur und Einweisung SHK Bonitur
13.07.21	9:00	16:20	CTD II2	Ausleitung für W-Q-Beziehung
13.07.21	14:30	15:00	CTDs	Reinigung der Regenrinnen
14.07.21	11:20	11:45		Bodenprobenahme Feld I6, II2, III1
20.07.21	9:00	16:20	CTD II7	Ausleitung für W-Q-Beziehung
21.07.21	8:50	16:30	CTD II5	Reinigung des Behälters und Ausleitung für W-Q-Beziehung
22.07.21	10:15	10:35		Bodenprobenahme Feld I6, II2, III1
28.07.21	13:15		HydraProbe III7	Wiedereinbau in Messfeld (bis dato in Eimer mit gesiebtem Substrat)
28.07.21	13:30	16:00	CTDs	Korrektur Fallrohranschlüsse Regenrinne
29.07.21	9:00	9:30		Bodenprobenahme Feld I6, II2, III1
05.08.21	8:00	8:30		Bodenprobenahme Feld I6, II2, III1
09.08.21	9:00	11:00		Versuch zur Bestimmung der Lagerungsdichte auf den Messfeldern I6, II2 und III3
09.08.21	10:00	11:30	CTDs, Kippzähler, Niederschlagsmesser, HydraProbe II1	Reinigung Ablaufschlitze Behälter, Reinigung Ablaufsiebe Kippzähler (I2 komplett verstopft), Reinigung Niederschlagsmesser, Feststellung Defekt Ablaufrohr Behälter I6 (Rasenmäher-Unfall?), HydraProbe II1 vertikal in Nebenfläche (lag zuvor lose im Kiesfeld)
09.08.21	8:15	16:00	CTD II1	Ausleitung für W-Q-Beziehung
09.08.21	12:30	13:30	CTD III1 bis III4	Reinigung der Behälter
11.08.21	8:00	15:40	CTD II2	Ausleitung für W-Q-Beziehung
12.08.21	9:00	9:30		Bodenprobenahme Feld I6, II2, III1



17.08.21	15:30	17:00	CTD II3, II6	Führung GD Carlo Morandi
17.08.21	9:15	17:00	CTD II7	Ausliterung für W-Q-Beziehung
19.08.21	9:00	9:30		Bodenprobenahme Feld I6, II2, III1
25.08.21	8:30	16:00	CTD II5	Ausliterung für W-Q-Beziehung
25.08.21	10:00	11:00	CTD Gruppe III	Behälter 5,6,7,8 gereinigt, Regenrinnen gereinigt
26.08.21	13:00	14:00	CTD III7 & III8	Merkwürdiger Verlauf (Ursache unbekannt)
01.09.21	10:40		CTD III8	Sprung in Messdaten (Ursache unbekannt)
09.09.21	9:00	9:30		Bodenprobenahme Feld I6, II2, III1
16.09.21	9:00	9:20		Bodenprobenahme Feld I6, II2, III1
17.09.21	8:00	11:30	CTDs, Kippzähler, Niederschlagsmesser, HydraProbe II1	Reinigung Regenrinnen und Ablaufschlitze alle Behälter, Reinigung Kippzähler, Nachziehen Anschlüsse Fallrohre, Justierung CTDs; Reinigung Niederschlagsmesser (verstopft), Tests an HydraProbe II1 (Kiesfeld)
21.09.21	9:00	9:30		Bodenprobenahme Feld I6, II2, III1
30.09.21	9:00	9:15		Bodenprobenahme Feld I6, II2, III1]
07.10.21	8:30	8:50		Bodenprobenahme Feld I6, II2, III1
14.10.21	11:00	11:15		Bodenprobenahme Feld I6, II2, III1
15.10.21	15:00	18:00	event. Gewicht Lysimeter, CTDs	Gründachkaffee und -besichtigung
28.10.21	9:00	9:30		Bodenprobenahme Feld I6, II2, III1
09.11. - 12.11.21			Kippzähler I2	Mehrere Ablaufereignisse wurden in den Nächten registriert, obwohl kein Niederschlag / Bewässerung -> event. verstopft und dadurch verzögerter Ablauf?
18.11.21	8:15	9:00	event. CTD I1, I2, I3, Kippzähler, Niederschlagsmesser	Reinigung Regenrinnen, Siebe Kippzähler und Sieb Niederschlagsmesser
18.11.21	9:00	10:00	Go-Sonden	Reinigung Go Sonden mit Leitungswasser, Mobile Sonde zurück im Messschrank
18.11.21	10:00	13:00	HydraProbe I3, I6, II2, II5, II7, III4, III6, III7, Gewichte Lysimeter, Temperaturlanze 3	Neueinbau HydraProbe I3, I6, II2, II5, II7, III4, III6, III7
24.11.21				Einwinterung Bewässerungssystem
10.02.22	11:45	13:00		Treffen Frank (Lysimeter, Ausfall HydraProbes)
10.02.22	13:15	14:15	Kippzähler, CTD I1, I2, I3	Ausliterung Kippzähler (0.1/min = 4 mL/min)
29.03.22	9:00	11:00	Lysimeter, CTDs, Niederschlagsmesser	Freilegen Lysimeter, Kontrolle CTD-Messung (Halterung bei einigen Sonden zu locker -> Neujustierung erforderlich)
01.04.22	8:00		CTD I1 und I2	Ausbau und Überprüfung CTD I1 und I2 durch UIT (starkes Rauschen in Messung)
01.04.22	ab 12:00		HydraProbes II5 bis III8	Wiederinbetriebnahme HydraProbes II5 bis III8 nach langem Messausfall durch Mäuseschaden
01.04.22	15:00			Besprechung Umbau Lysimeter UIT + Björn
06.04.22	8:00	14:00	CTD II6 bis III8, event. auch CTD I1 bis II5	Reinigung der Regenrinnen, Dachränder und Ablaufbehälter II6 bis III8
13.04.22	10:00	13:00	CTD II3 bis II5	Isolierung angefressene Kabel, erste Tests Pumpe und Bewässerung, vor Ort Einweisung Sikka Ritesh, David Williams und Sophie Pförtner, Reinigung Behälter II3 bis II5
28.04.22	12:30	17:30	CTDs, HydraProbes, Gewichte Lysimeter, Temperaturlanzen, event. Kippzähler	Inbetriebnahme und Test Bewässerung, Reinigung Behälter II1 und II2, Ausbau und Reinigung MID zum Dach, Neuanschluss Drucksensor, Heizung abgeschaltet, Austausch UFZ, Pflegegang Nebenflächen und Einarbeitung WHK LaBau
seit 28.04.22				Unzuverlässige bzw. keine Bewässerung aufgrund von Undichtigkeiten im Bewässerungsnetz (Tropfschutz der Pumpe)
29.04.22	9:00	15:00	Lysimeter	Bonitur
02.05.22	ca. 17:30		event. HydraProbes?	Test Pumpe + Bewässerung
04.05.22	12:00	15:30	HydraProbes, CTDs, Gewichte Lysimeter, Kippzähler, Temperaturlanzen	Test Bewässerung, Reinigung Rückschlagventil Pumpe, Neuanschluss Drucksensor
11.05.22	13:30	17:30	HydraProbes, CTDs, Gewichte Lysimeter, Kippzähler, Temperaturlanzen	UIT (Problematik Pumpe und defekter Drucksensor), Test der Bewässerung zur Eruiierung von Undichtigkeiten, Nachziehen von Schraubverbindungen an Ventilen und Steigleitung, Reinigung der Behälter Gruppe II
12.05.22				Auslaufen des gesamten Speichers aufgrund zweier undichter Ventile (II5 und III1), Abschalten der Pumpe und Aussetzen der Bewässerung
12.05.22			event. HydraProbes I5, I6, III1 und III2	Abschaltung der Pumpe und Pausieren der Bewässerung, Auffüllen des Vortagenspeichers mit Leitungswasser, Ausbau und Spülung der Ventile I5, I6, III1 und III2
18.05.22	13:00	15:00		Neujustierung CTDs Gruppe I & tw. II, Einbau Flachdichtung und Spülung Ventil II5, Ausbau und Reinigung MID und Sieb Steigleitung
20.05.22	12:00	?	HydraProbes, CTDs, Gewichte Lysimeter, event. Kippzähler, Temperaturlanzen	Test der Bewässerung zur Eruiierung von Undichtigkeiten, Abdichtung der undichten Stellen mit Teflonband, Einschalten Pumpe und Bewässerung, Anbringung von Nylonsocken an die Abläufe der Fallrohre als Schmutzfilter, Reinigung der Dachrinnen, (Einkleben und Wiederinbetriebnahme Ablaufbehälter II6?)
21. & 22.05.22				Auslaufen des gesamten Speichers aufgrund eines undichten Ventils (II4)
23.05.22				Abschaltung der Pumpe und Pausieren der Bewässerung
25.05.22	10:30	17:30	HydraProbes, Gewichte Lysimeter, event. CTDs, Kippzähler, Temperaturlanzen	Ausbau und Abdichtung der Ventile (Verschraubungen und tw. Steckverbindungen), Einbau des neuen Drucksensors, Test des Bewässerungssystems auf Dichtigkeit, Nachfüllen des Speichers

## Anhang 22 - Logbook Green Roof (Forschungsprojekt)

Meyer, Sören (2022): Logbook Green Roof. Dresden

## 13 Eigenständigkeitserklärung

Bearbeiter/in: Jessica Donau

Titel der Arbeit: Kosten und Nutzen von Gründächern

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne fremde Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Ort, Datum      Dresden, 09.07.2022

Unterschrift 

