

**W
BI**

Gebäudebegrünung in Bielefeld



**Dach- und
Fassadenbegrünung
Konkret**

Impressum

Die vorliegende Broschüre wurde im Auftrag des
Umweltamtes der Stadt Bielefeld erstellt:



Bundesverband GebäudeGrün e.V.
Albrechtstraße 13
10117 Berlin

Verfasst von:

Dr. Gunter Mann
Felix Mollenhauer
Rebecca Gohlke

Konzeption:

Rebecca Gohlke

Bielefeld, der **09.07.2021**

Impressum

Herausgegeben von



Verantwortlich:

Tanja Möller

Redaktion:

Lisa Rüdiger

Inhaltsverzeichnis

1	Basiswissen zur Dachbegrünung	4
1.1	Positive Effekte von Dachbegrünungen	4
1.2	Dachbegrünungsformen	6
1.3	Übersichtstabelle: Dachbegrünungsformen, deren Kostenrichtwerte und Einsatzbereiche	17
1.4	Planungsgrundlagen Bau- und Vegetations- technik	24
1.5	Instandhaltung (Pflege und Wartung)	29
2	Basiswissen zur Fassadenbegrünung	31
2.1	Positive Effekte von Fassadenbegrünungen	31
2.2	Fassadenbegrünungsformen	33
2.3	Übersichtstabelle: Fassadenbegrünungsformen, deren Kostenrichtwerte und Einsatzbereiche	38
2.4	Planungsgrundlagen Bau- und Vegetations- technik	41
2.5	Instandhaltung (Pflege und Wartung)	47
3	Nachhaltigkeit bei Dach- und Fassadenbegrünungen	48
4	Hemmnisse und Vorurteile bei der Umsetzung von Dach- und Fassadenbegrünungen	55
5	Anwendungsfälle der Dach- und Fassadenbegrünung	59

1 Basiswissen zur Dachbegrünung

1.1 Positive Effekte von Dachbegrünungen

Dachbegrünungen vereinen eine Vielzahl an positiven Effekten. Die wichtigsten Wirkungen werden nachfolgend kurz erläutert. Es gilt zu beachten, dass die bisherigen Untersuchungen noch nicht vermitteln können, welche Mindestgrößen für die Begrünung notwendig sind, damit ein gesamtstädtischer positiver Effekt entsteht. Ab einer Dachgröße von 18 – 20 m² ist es jedoch sinnvoll, Flachdächer zu begrünen, denn jedes begrünte Dach leistet einen Beitrag für ein angenehmeres Stadtklima.

Verbesserung des Stadtklimas

Die Verdunstungskühlung der Dachbegrünung bewirkt eine Abkühlung innerhalb der städtischen Wärmeinseln. Mithilfe von Gründachern kann die Lufttemperatur in der Umgebung um bis zu 1,5° heruntergekühlt werden (Heusinger 2013). Zudem sorgen sie durch Ihre CO₂-Bindung (800 g/m²) und Schadstoffbindung (10 g/m²/Jahr) für eine saubere Luft im Dachumfeld (Herfort et al 2012; Gorbachevskaya & Herfort 2013).

Förderung der Biodiversität und Artenschutz

Gründächer können je nach Lage, Höhe und Ausführung und Instandhaltung die Biodiversität in der Stadt deutlich erhöhen. Auf Dachbegrünungen sind je nach Ausdehnung eine große Vielfalt an Pflanzenarten möglich. Mit diesen können vor allem Insekten, wie beispielsweise verschiedene Bienen- und Schmetterlingsarten, angelockt werden. Mit der zielgerichteten, besonderen Lösung „Biodiversitäts Gründach“ wird dieser Effekt durch die Integration verschiedener Biodiversitätsbausteine noch gesteigert (vgl. Kapitel 1.2).

Nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung

Die Dachbegrünung kann je nach Ausführung sehr viel Regenwasser zurückhalten, das dann zur Verdunstung zur Verfügung steht oder zeitverzögert wieder abgeleitet wird. Extensivbegrünungen sind in der Lage zwischen 60 und 90 % des Gesamtniederschlags im Jahr aufzunehmen (Köhler et al 2018; Kolb 1987). Intensivbegrünungen speichern bis zu 99 % des Niederschlagswassers (Appl & Mann 2012). So können sie besonders bei Starkregenereignissen wirksam sein und vor einer Überlastung der Kanalisation schützen. Die Maßnahmen, die zur nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung beitragen, können innerhalb der Abwassersatzung für eine Gebührenreduktion der Niederschlagswasserbeseitigung genutzt werden. Für Bielefeld wird die Gebühr um 30 % durch Dachbegrünungsflächen reduziert. Bei einer aktuellen Niederschlagsabwassergebühr in Bielefeld von 1,06 €/m² (Stand 08.02.2021) können so 0,32 €/m² eingespart werden.

Zusätzliche Nutz- und Freizeitflächen

Insbesondere die Intensivbegrünung (Dachgarten) bildet mit Blick auf die Nachverdichtung der Städte und dem steigenden Verlust an innerstädtischen Frei- und Grünflächen ein großes Potenzial als Erholungs- und Freizeitfläche. Sie kommt dem ebenerdigen Garten sehr nahe und kann auch als Spiel- und Sportplatzfläche oder zur gärtnerischen Betätigung genutzt werden.

Lärminderung

Die Lärminderung ist ein weiteres Argument für die Dachbegrünung. Je größer dabei der Schichtaufbau der Begrünung ist, umso höher ist auch die Reduzierung des Lärms. Bei 750 Hertz kann für ein extensives Gründach mit nur 7 cm eine Reduktion von etwa 20 Dezibel im Innenraum angenommen werden (Connelly & Hodgson 2008).

Energieeinsparung

Untersuchungen ergaben, dass ein extensives Gründach mit einer Substratschicht von 10 cm eine typische Dämmung (WLG 040) von etwa 1 cm Stärke ersetzen kann (Köhler & Malorny 2009). Bei einer durchgehend gleichhohen Dachbegrünung ist die Größe der Dachfläche unerheblich. Diese zusätzliche Dämmwirkung der Dachbegrünung kann im Winter dazu führen, dass Heizenergie gespart wird. Im Sommer können aufgrund des kühlenden Effektes seltener die Klimaanlage genutzt werden. Pfoser et al. errechneten 2013 eine Einsparung von 0,04 €/m²/a für Heizkosten und 0,06 €/m²/a für Klimatisierungskosten durch ein extensives Gründach mit 10 cm Substrat. Werden Dachbegrünungen mit Solaranlagen kombiniert sorgt die Verdunstungskühlung der Vegetation dafür, dass die Solarmodule gewissermaßen gekühlt werden. Dadurch können sie mehr Leistung erzielen. Untersuchungen konnten belegen, dass ein zusätzlicher Gewinn von etwa 1 – 4 % bei einem Solar-Gründach erreicht wird (Mann & Mollenhauer 2020).

Schutz der Gebäudehülle

Die Dachbegrünung schützt die Dachabdichtung vor extremen Witterungseinflüssen, wie Hagel, Starkniederschlägen und Stürmen, sowie thermischer Belastung und einer starken UV-Strahlung. Gegenüber konventionellen, unbegrüntem Dächern, welche nach etwa 20 bis 30 Jahren einer Sanierung bedürfen, gibt es noch keinen festgelegten Zeitpunkt, wann die Dachabdichtung auch unter einer Dachbegrünung erneuert werden muss. Fakt ist, dass die Haltbarkeit der Abdichtung durch die Dachbegrünung deutlich verlängert wird. Und eine fachgerechte Pflege des Gründaches kann die Sanierung der Dachabdichtung noch weiter nach hinten verschieben.

EXTENSIVE DACHBEGRÜNUNG LEISTUNG EINES QUADRATMETERS

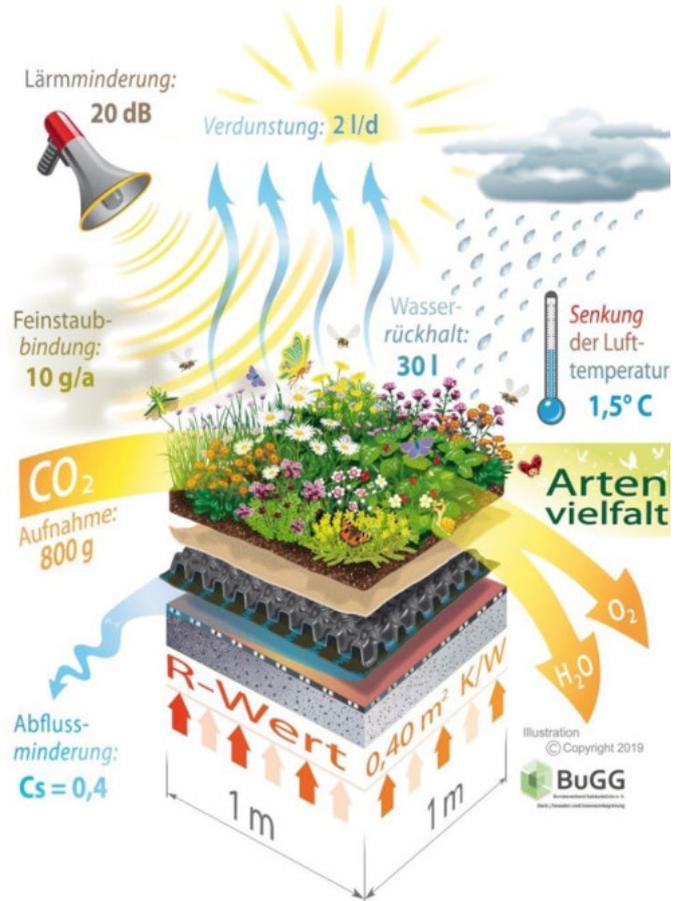


Abb. 1 Extensive Dachbegrünung – Leistung eines Quadratmeters (BuGG)

Gestaltungselement und Wohnumfeldaufwertung

Gebäudebegrünungen werten das Wohnumfeld auf, sorgen für Gemeinschaftsbildung und Mieterzufriedenheit, sie steigern nicht zuletzt die Lebensbedingungen in immer dichter besiedelten Städten. Sie können auch als Gestaltungselement dienen, wenn das Gründach beispielsweise von umliegenden Orten einsichtig ist. Dies steigert wiederum die Aufenthaltsqualität auf dem Dach und auch in der Umgebung. Die gestalterischen Möglichkeiten auf einem Gründach sind, solange die statischen Voraussetzungen vorliegen, der mit ebener Erde gleichzusetzen.



1.2 Dachbegrünungsformen

Nachfolgend wird der Gründachschichtenaufbau kurz erläutert und anschließend die verschiedenen Lösungen von Dachbegrünungsformen mit ihren Besonderheiten beschrieben. Die Tabellen 2 – 10 in Kapitel 1.3 vermitteln darüber hinaus deren Wirkungen, Einsatzbereiche und Kostenrichtwerte und stellen damit einen Vergleich zwischen den Dachbegrünungsformen her.

Allgemeiner Gründachschichtenaufbau

Dachbegrünungen werden in einschichtiger oder mehrschichtiger Bauweise umgesetzt. Der etablierte Aufbau ist dabei Letzterer, der Mehrschichtenaufbau. Während alle Schichten innerhalb des einschichtigen Aufbaus zusammengefasst werden, bilden sich bei der mehrschichtigen Bauweise die Funktionen „Dränage“ und „Vegetationstragschicht“ als zwei durch ein Filtervlies getrennte Schichten aus. Somit sind effektivere Möglichkeiten bei der Wasserspeicherung und Ableitung gegeben. Die Dränageschicht

kann dann sowohl als Schüttgut oder Festkörperdränage eingebaut werden. Mit dem mehrschichtigen Aufbau lassen sich extensive und intensive Dachbegrünungen bis zu einer Aufbauhöhe von etwa 35 cm realisieren. Für Substratstärken, die darüber hinausgehen (z.B. bei Tiefgaragendächern) ist ein weiteres Untersubstrat notwendig, welches keine organischen Anteile beinhaltet.

Klassische Lösungen

Dachbegrünungen lassen sich in zwei klassische Arten unterteilen, in die Extensivbegrünung und in die Intensivbegrünung. Das resultiert maßgebend daraus, dass extensive Begrünungen nicht direkt für den Menschen nutzbare Flächen sind und intensive Begrünungen wiederum einen begehr- und nutzbaren Raum auf dem Dach schaffen. Beide Begrünungsformen haben wiederum verschiedene Unterkategorien, die je nach Begrünungsziel angewendet werden.



Abb. 2
Mehrschichtiger
Gründachaufbau (BUGG)

- 1 Vegetation
- 2 Vegetationstragschicht zur Verwurzelung der Pflanzen (Mehrschichtsubstrat)
- 3 Filterschicht zur Verhinderung des Einschlümmens von Feinanteilen
- 4 Dränageschicht zur Speicherung und Ableitung des Niederschlagswassers
- 5 Lage zum Schutz der Dachabdichtung vor mechan. Beschädigung
- 6 Wurzelfeste Dachabdichtung/Wurzelschutzbahn
- 7 Geeignete Dachunterkonstruktion mit ausreichender Tragfähigkeit



Abb. 3
Einschichtiger
Gründachaufbau (BuGG)

- ❶ Vegetation
- ❷ Vegetationstragschicht zur Verwurzelung der Pflanzen (Einschichtsubstrat)
- ❸ Lage zum Schutz der Dachabdichtung vor mechan. Beschädigung
- ❹ Wurzelfeste Dachabdichtung/Wurzelschutzbahn
- ❺ Geeignete Dachunterkonstruktion mit ausreichender Tragfähigkeit

Extensivbegrünung

Die einfachste und bekannteste Form der Dachbegrünung ist die Extensivbegrünung. Sie ähnelt von ihrem Erscheinungsbild natürlichen, ungenutzten Freiflächen. Diese Dachbegrünungsvariante zielt darauf ab, verlorene Fläche am gewachsenen Boden auf dem Dach zum Teil zu kompensieren.

Extensivbegrünungen können einschichtig oder mehrschichtig ausgeführt werden und lassen sich sowohl auf flachen Dächern ab 0° bis zu Steildächern mit 45° Neigung umsetzen. Letztere benötigen jedoch zusätzliche Sicherungssysteme gegen Abrutschen.

Die Schichtstärken sind vergleichsweise niedrig gehalten und liegen je nach Begrünungsziel und vorhandenen statischen Bedingungen zwischen 6 bis 18 cm. Je höher die Vegetationstragschicht ausgebildet wird,

desto größer ist zwar das Gewicht des Gründachaufbaus, allerdings wird damit auch ein höheres Retentionsvolumen und eine größere Pflanzenvielfalt geboten.

Zumeist werden bei Extensivbegrünungen niedrigwüchsige, trockenresistente Pflanzen verwendet, die sich auch ohne intensivere Pflege sehr gut selbst erhalten können. Man unterscheidet dabei folgende Vegetationsformen, die je nach Anwendungsfall verschiedene Kriterien mit sich bringen (vgl. Tabellen 1 und 2):

- Sedum-Moos-Vegetation
 - Sedum-Moos-Kräuter-Vegetation
 - Sedum-Kräuter-Vegetation
 - Kräuter-Gräser-Sedum-Vegetation
 - Gräser-Kräuter-Vegetation
- (Fotos siehe S. 8)

Tab. 1 Vegetationsformen der Extensivbegrünung (BuGG)

Höhe Gründachaufbau ¹	Vegetationsform ²	Wuchshöhe ³	Pflegeaufwand	Gewicht (max.) ⁴	Gewicht (trocken) ⁵
5 – 6	Sedum-Moos	5 – 10 cm	Gering bis mittel	30 – 60 kg/m ²	18 – 36 kg/m ²
7 – 9 cm	Sedum-Moos-Kräuter	5 – 20 cm	Gering	80 – 100 kg/m ²	48 – 60 kg/m ²
9 – 11 cm	Sedum-Kräuter	5 – 25 cm	Gering bis mittel	100 – 120 kg/m ²	60 – 72 kg/m ²
11 – 15 cm	Kräuter-Gräser-Sedum	5 – 35 cm	Mittel bis hoch	120 – 180 kg/m ²	72 – 108 kg/m ²
15 – 18 cm	Gräser-Kräuter	10 – 50 cm	hoch	180 – 220 kg/m ²	108 – 132 kg/m ²

Die Tabelle dient als Orientierungshilfe und muss objektbezogen überprüft werden.

- 1 Gesamtaufbau ein- oder mehrschichtig
- 2 Abhängig von Aufbauhöhe und Niederschlagsregion

3 Maximale Wuchshöhe der verschiedenen Arten, abhängig von der Pflanzenauswahl

4 Gesamtaufbau mit Vegetation im wassergesättigten Zustand. Abhängig vom Substrat.

5 Gesamtaufbau im trockenen Zustand (ca. 60 % vom Maximalgewicht). Abhängig vom Substrat.



Abb. 4 Sedum-Moos-Vegetation (BuGG)



Abb. 6 Kräuter-Gräser-Sedum-Vegetation (BuGG)



Abb. 5 Sedum-Moos-Kräuter-Vegetation (BuGG)



Abb. 7 Gräser-Kräuter-Vegetation (BuGG)



Abb. 8 Sedum-Kräuter-Vegetation (BuGG)

Intensivbegrünung

Anders als bei extensiven Begrünungen ist die Absicht bei Intensivbegrünungen (Dachgärten) eine Nutzung der Dachfläche für den Menschen zu schaffen. Je nach Nutzungsziel werden dafür verschiedene Begrünungsvarianten eingesetzt.

Typische Intensivbegrünung (Dachgarten)

Unter einer intensiven Dachbegrünung versteht sich immer eine Form der Nutzung. Treffend ist der Begriff „Dachgarten“. Entsprechend der Ausbildungsform, d.h. der Höhe der Vegetationstragschicht, können mehrjährigen Stauden, Gehölze oder Bäumen gepflanzt werden. Die Schichtstärke beginnt bei etwa 25 cm und kann bis zu 100 cm betragen. Demnach sind intensive Dachbegrünungen in der Regel auf Flachdächern und Tiefgaragen (bei Dachneigungen von 0 - 3°) möglich.

Sie werden häufig als Nutzfläche und Wohnraum des Menschen eingesetzt und unterliegen damit hohen Anforderungen an die Bau- und Vegetationstechnik. Gibt es die Statik her, sind die Gestaltungs- und Nutzungsmöglichkeiten jedoch nahezu unbegrenzt. Auch Verkehrsflächen in Form von Wegen, Terrassen bis hin zu Fahrbelägen sind in Kombination mit Intensivbegrünungen umsetzbar.

Rasendach

Ziel eines Rasendaches ist die Generierung einer Fläche für Spiel- und Sportplatzmöglichkeiten. Aus diesem Grunde handelt es sich auch um eine Art der intensiven Dachbegrünung. Damit sich eine Rasenfläche ausbilden kann sind etwa 20-30 cm eines speziellen Dachsubstrates notwendig. Je nach vorgesehener Nutzung der Rasenflächen sind nun beispielsweise die Regel-Saatgut-Mischungen „Gebrauchsrasen-Trockenlagen“, „Gebrauchsrasen Spielrasen“ oder „Parkplatzrasen“ nach den den FLL-„Regel-Saatgut-Mischungen Rasen – RSM Rasen“ einzubringen.

Um die dauerhafte Wasserversorgung sicherzustellen, muss eine fest installierte Bewässerungseinrichtung eingebaut werden.

Tiefgaragenbegrünung

Tiefgaragendächer können oft mit ebenerdigen Gärten gleichgesetzt werden. Gewünscht sind meist stark nutzbare Flächen, die als Ausgleich der versiegelten Fläche dienen. Die Vegetationstragschicht wird daher meist sehr stark ausgebracht, womit eine hohe Pflanzenvielfalt möglich wird. Ab einer Substratstärke von 35 cm wird ein weiteres mineralisches Untersubstrat notwendig. Die Statik gibt es meistens her, dass Tiefgaragendächer auch als Verkehrsfläche für Fahrzeuge fundieren können. Für Große Sträucher und kleine Bäume sind Schichtstärken zwischen 60 und 100 cm notwendig. Hohe Bäume benötigen etwa eine Durchwurzelungsschicht von 150 - 200 cm. Um dies zu gewährleisten können für die Bäume Pflanzgruben oder Pflanzringe geschaffen werden.

(Fotos siehe S. 10)



Abb. 9 Rasendach (BuGG)



Abb. 10 Hohe Stauden-Rasen-Bäume (Tiefgarage) (BuGG)



Abb. 11 Hohe Stauden-Gehölze (Dachgarten) (BuGG)

Zielgerichtete, besondere Lösungen

Unter zielgerichteten, besonderen Lösungen werden Dachbegrünungen verstanden, die bestimmte Funktionen erfüllen sollen, die über eine standartmäßige Nutzung der Dachbegrünung hinausgehen.

Steildachbegrünung

Steildächer können durch erfahrene Fachbetriebe bis etwa 45° Dachneigung begrünt werden, sind jedoch eine besondere Herausforderung und kostenaufwändiger als Flachdach- und Schrägdachbegrünungen. Nach den FLL-Richtlinien sind bei einer Dachneigung von über 10 – 15° konstruktive Maßnahmen zur Schub-sicherung vorzunehmen, um zu verhindern, dass der Gründachaufbau ins Rutschen kommt. Wichtig dabei ist die Verwendung bewährter, verwitterungsbeständiger und statisch belastbarer Schubsicherungssysteme. Holzkonstruktionen sind ungeeignet, da sie früher oder später verwittern. Oftmals werden Kunststoffelemente verwendet, die unterseitig Hohlräume zur Wasserableitung und oberseitig Mulden haben, die das Substrat aufnehmen und eine gute Verzahnung und damit Schubsicherung darstellen.

Die komplette Schublast des Begrünungsaufbaus wird hierbei allerdings auf den Traufbalken abgeleitet, was bei dessen Dimensionierung im Vorfeld zu beachten ist. Die Vegetationsaufbringung erfolgt durch vorkonfektionierte Vegetationsmatten.

Bei Schrägdächern können sich an einem Objekt je nach Gebäudelage und Dachexposition unterschiedliche Vegetationsformen ausbilden. Ggf. kann in niederschlagsarmen Regionen bei dünn-schichtigen Steildachbegrünungen eine automatische Bewässerung notwendig sein.



Abb. 12 Schnitt Steildachbegrünung mit Rutschsicherung (BuGG)



Abb. 13 Steildachbegrünung (BuGG)

Solar-Gründach

Ein Solar-Gründach vereint die Photovoltaik oder Solarthermie mit der Dachbegrünung, sodass beide Systeme eine Fläche in Anspruch nehmen und nicht mehr separiert gebaut werden müssen. Zudem sorgt die Dachbegrünung durch die Verdunstungskühlung dafür, dass die darüberliegenden Solar-Module gewissermaßen abgekühlt werden können die Leistungsfähigkeit der Solaranlage gesteigert werden. Im Idealfall sollte auf Solar-Gründachsysteme zurückgegriffen werden, bei denen das Gewicht des Gründachaufbaus die Solaraufständerung standsicher hält. Damit können Dachdurchdringungen, d. h. potenzielle Schadfaktoren, umgangen werden. Lediglich die Abstände zwischen den Modulreihen müssen bei diesem System objektbezogen etwas auseinandergezogen werden, um vor allem eine fachgerechte Pflege zu gewährleisten. Zudem dürfen die Pflanzen nicht zur Verschattung der Solar-Module führen. Daher wird neben einer niedrigwüchsigen Vegetation ein Abstand zwischen der Substratoberfläche und den Modulen von etwa 20 – 30 cm benötigt. Der Standardaufbau wird gleichmäßig mit ca. 8 – 10 cm Substrat ausgeführt. Alternativ wird die Einbauhöhe wellenförmig mit 6 – 15 cm so modelliert, dass vor den Solar-Modulen weniger Substrat liegt, als unter den Modulen.

Zur Bemessung der Statik muss neben des gewählten Gründachaufbaus noch die Last der Solaranlage von 20 – 60 kg/m² mit einberechnet werden.

Die Erfolgsfaktoren für ein Solar-Gründach sind:

- die Vermeidung der Verschattung der Solar-Modul
- die Ausrichtung der Module und Modulreihen so, dass eine Instandhaltung gut möglich ist
- eine regelmäßige, fachgerechte Instandhaltung (Pflege und Wartung)
- eine frühzeitige Kommunikation und Abstimmung der beteiligten Gewerke und
- die bevorzugte Verwendung auflastgehaltener Systeme (0 – 5° Dachneigung), um Dachdurchdringungen zu vermeiden

Die Vermeidung von Verschattungen der Module durch Pflanzenaufwuchs wird erreicht durch:

- einen ausreichend großen Abstand zwischen Substratoberfläche und Modulunterkante von mindestens 20 – 30 cm
- die Verwendung geeigneter Pflanzen mit niedrigem Wuchs und dichtem Flächenschluss und
- wenn möglich einer geringen Substrathöhe (von etwa 5 – 8 cm) vor den Solar-Modulen, um höherwüchsige Arten auszuschließen

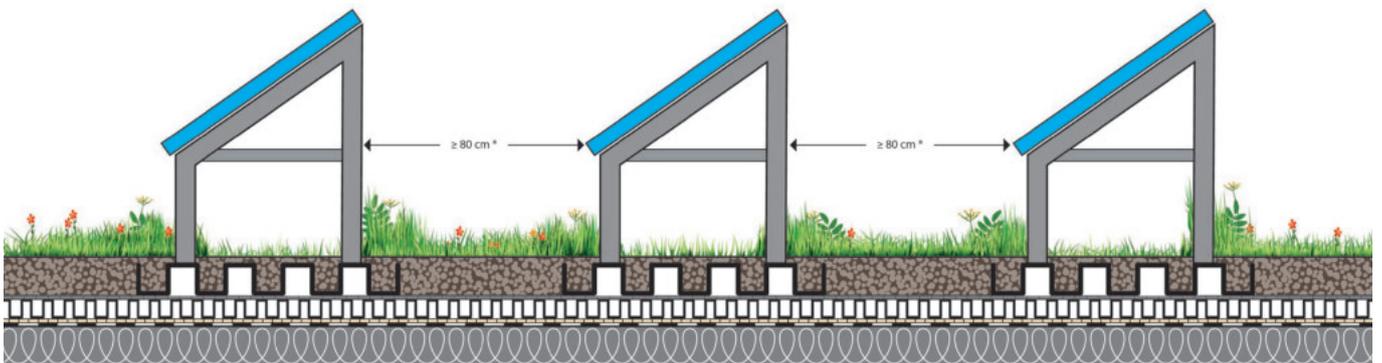


Abb. 14 Solar-Gründach mit Süd-Ausrichtung (BuGG)

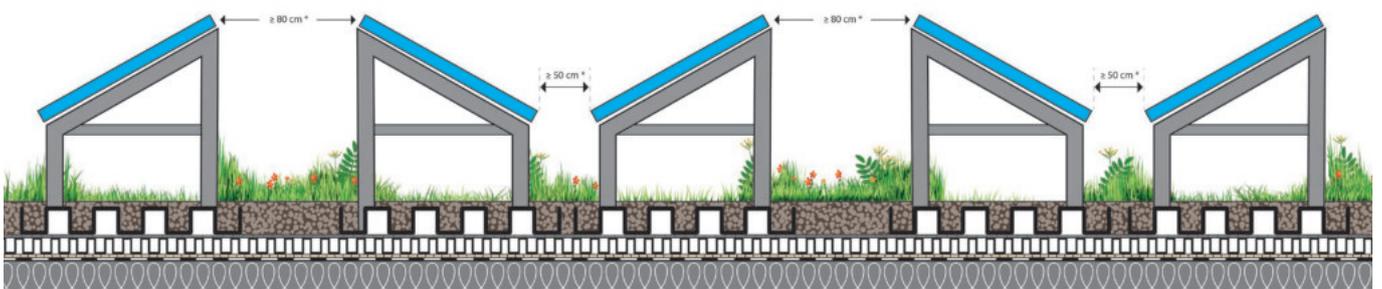
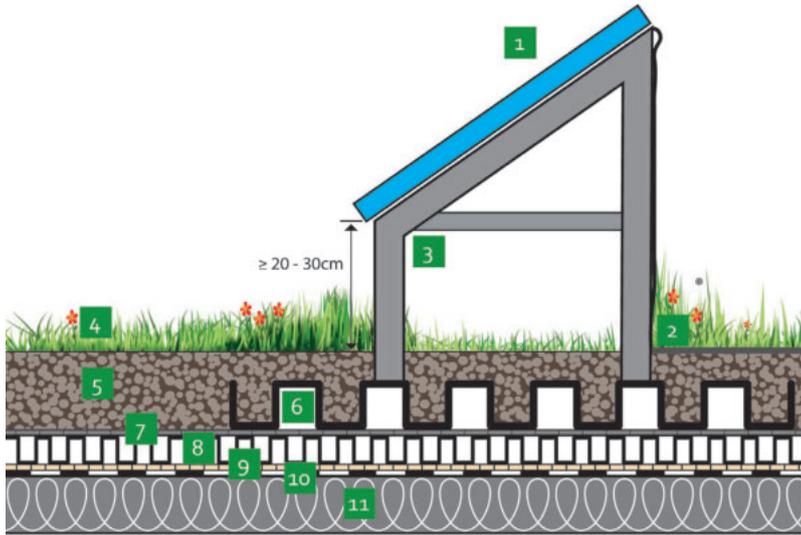


Abb. 15 Solar-Gründach mit Ost-West-Ausrichtung (BuGG)



- | | |
|---|--|
| 1 Solarmodul | 7 Filtervlies |
| 2 Elektroleitung und Kabelkanal | 8 Drainageelement (optional, systemabhängig) |
| 3 Modul-Montagesystem mit Modultragschienen | 9 Schutzvlies |
| 4 Vegetation | 10 Wurzelfeste Dachabdichtung |
| 5 Substrat | 11 Geeignete Unterkonstruktion |
| 6 Basisplatte | |

Abb. 16 Schnitt eines auflastgehaltenen Solar-Gründach-Aufbaus (BuGG)



Abb. 17 Solar-Gründach (BuGG)

Retentionsgründach

Bei einem begrünten Retentionsdach wird innerhalb der Dränageschicht ein extra hoher temporärer oder dauerhafter Wasseranstau geschaffen. Dadurch wird das so schon enorme Rückhaltevolumen einer Dachbegrünung nochmals mit bis zu 140 l/m² gesteigert. Somit können bis zu 99 % des Niederschlagswasser zurückgehalten werden. Das Wasser wird dann einerseits in der Vegetationstragschicht und zusätzlich in der Retentionsschicht gespeichert und steht damit den Pflanzen zur Verdunstung zu Verfügung. Und das alles unabhängig davon, ob es sich um eine extensive oder intensive Dachbegrünungen handelt. Über ein Anstaelement, die sogenannte Drossel, lässt sich die maximale Abflusspende einstellen und das Wasser gedrosselt über mehrere Stunden und Tage ableiten. Eine der Herausforderungen stellt dabei die Berechnung des Abflussverhaltens des Begrünungsaufbaus und dessen Abflussbeiwerts unter Berücksichtigung der örtlichen Niederschläge dar. Weitere Planungskriterien die an diesen Gründachtyp gestellt werden sind ein gefälleloses Dach und die höheren statischen Erfordernisse.

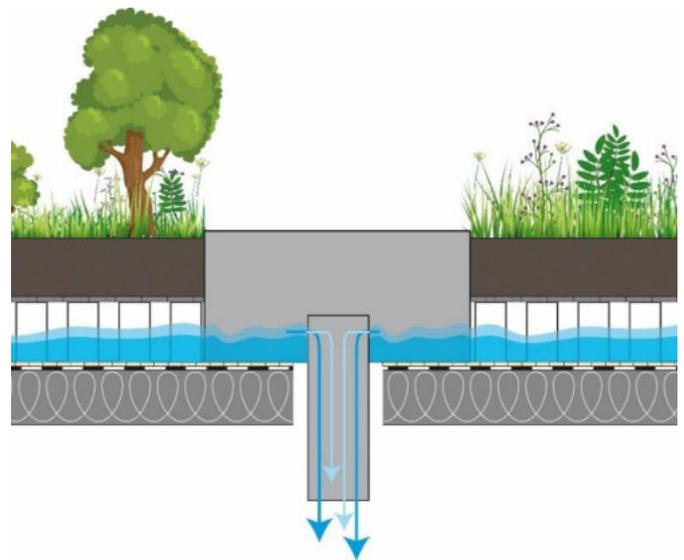


Abb. 20 Schnitt Retentionsgründach (BuGG)

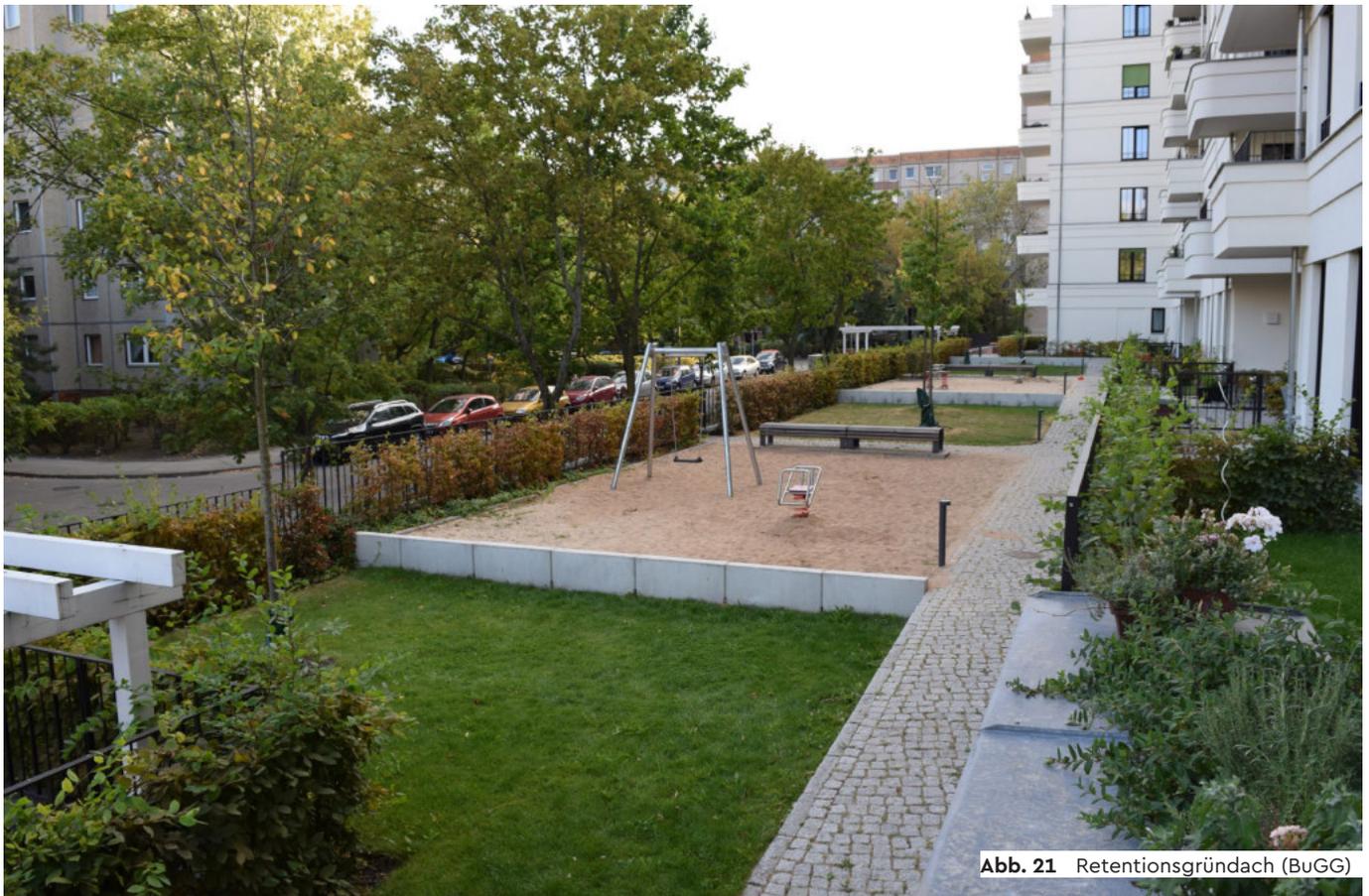


Abb. 21 Retentionsgründach (BuGG)

Urban-Farming-Dach

Urban-Farming auf dem Dach wird auf verschiedene Art und Weisen betrieben. Vom kleinen bewirtschafteten Dachgarten einer Privatperson bis hin zur erwerbsgartenbauähnlicher Dachnutzung ist fast alles vorstellbar. Durch die Verlagerung der Produktionsstätten in die Stadt werden nicht nur Transportwege gespart und die lokale Nahrungsversorgung gefördert somit einen Beitrag zu Resilienz gegenüber Klimawandel zu leisten, sondern Obst- und Gemüseanbau wird erlebbar und fördert neben der gesunden und bewussten Ernährung auch das Miteinander. Unter einem Urban-Farming-Dach versteht sich grundsätzlich eine intensive Dachnutzung, auf der Obst bzw. Gemüse angebaut wird. Obwohl der Begrünungsaufbau der klassischen Intensivbegrünung mit etwa 30 cm Aufbau ähnelt, wird für das Urban-Farming-Dach ein spezielles Substrat benötigt, welches das Wachstum der Nutzpflanzen unterstützt. Die verwendbaren Obst- und Gemüsesorten werden durch die örtlich bedingte Flächenlast und die Bewässerungsstrategie bestimmt. Viele verschiedene Nutzpflanzen wurden bereits erfolgreich auf Urban-Farming-Dächern angebaut und geerntet. Hierzu zählen u. a. Karotten, Kopfsalat, Tomaten, Zucchini, viele Kräutersorten, Beeresträucher und kleine Obstbäume.

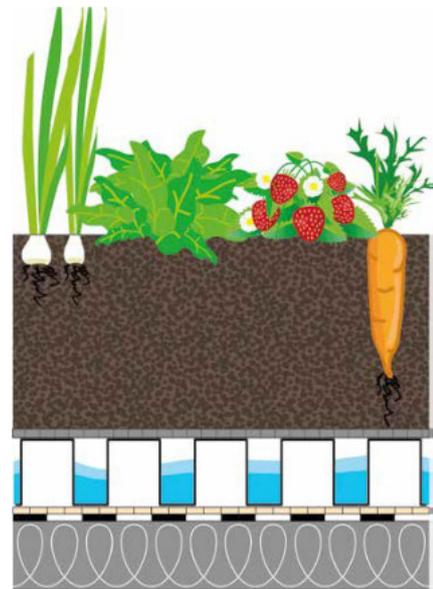


Abb. 22 Schnitt Urban-Farming-Dach (BuGG)



Abb. 23 Urban-Farming-Dach (BuGG)



1.3 Übersichtstabellen: Dachbegrünungsformen, deren Kostenrichtwerte und Einsatzbereiche in Abhängigkeit ihrer Wirkungen

Tabellen zur Extensivbegrünung

Tab. 2 Extensivbegrünung – Aufbau, Wirkungen, Einsatzbereiche, Eignung

	Sedum-Moos	Sedum-Moos-Kräuter	Sedum-Kräuter	Kräuter-Gräser-Sedum	Gräser-Kräuter
Höhe Gründachaufbau [cm]	5 – 6	7 – 8	9 – 11	12 – 15	16 – 18
Pflegeaufwand*	+ / ++	+	+ / ++	++ / +++	+++
Maximal-Gewicht [kg/m ²] (im wassergesättigten Zustand)	30 – 60	80 – 100	100 – 120	120 – 180	180 – 220
Wirkungen*					
Verbesserung des Stadtklimas	+	++	++ / +++	+++	+++
Regenwasserrückhalt	+	+ / ++	++	++ / +++	+++
Förderung der Biodiversität	+	+ / ++	++ / +++	+++	++ / +++
Lärminderung	+	+ / ++	++	++ / +++	+++
Zusätzliche Nutz- und Freizeitflächen	+	+	+ / ++	++	++
Energieeinsparungen	+	+ / ++	++	++ / +++	+++
Schutz der Gebäudehülle	+++	+++	+++	++++	++++
Gestaltungselement	+	+	++	++	+++

Fortsetzung der Tabelle auf der nächsten Seite

* + = niedrig bis ++++ = hoch (Beruht auf eigener Einschätzung/Erfahrung)

Fortsetzung Tab. 2

	Sedum-Moos	Sedum-Moos-Kräuter	Sedum-Kräuter	Kräuter-Gräser-Sedum	Gräser-Kräuter
Einsatzbereiche**					
Mehrgeschossiger Wohnungsbau	+	+	+	+	+
Bürogebäude	+	+	+	+	+
Hallen	+	+	+	+	+
Ein- und Zweifamilienhäuser	+	+	+	+	+
Flachdach	+	+	+	+	+
Schrägdach (> 15°)	-	±	+	+	+
Geringe Lastreserve bei Bestandsbau	+	±	±	±	-
Hohe Lastreserve bei Bestandsbau	-	-	+	+	+
Eignung auf Dachkonstruktionen gem. FLL-Dachbegrünungsrichtlinien**					
Warmdach	+	+	+	+	+
Leichtkonstruktionen	+	+	±	±	-
Kaltdach	+	±	-	-	-
Umkehrdach	+	+	+	+	+
Dachdecke aus „WU-Beton“	+	+	+	+	+

* + = niedrig bis ++++ = hoch (Beruht auf eigener Einschätzung/Erfahrung)

** + = geeignet, ± = bedingt geeignet, - = nicht geeignet (Beruht auf eigener Einschätzung/Erfahrung)

Die verschiedenen Dachkonstruktionen werden in Kap 1.4 erläutert.

Tab. 3 Extensivbegrünung – Abflussbeiwerte

	Sedum-Moos	Sedum-Moos-Kräuter	Sedum-Kräuter	Kräuter-Gräser-Sedum	Gräser-Kräuter
Höhe Gründachaufbau [cm]	5 – 6	7 – 8	9 – 11	12 – 15	16 – 18
Abflussbeiwerte					
Spitzenabflussbeiwert C_s	0,6	0,5	0,4 – 0,5	0,4	0,3
Jahresabflussbeiwert C_a	0,55	0,5	0,45	0,45	0,4
Mittlerer Abflussbeiwert C_m	0,3	0,3	0,2 – 0,3	0,2	0,2

Abflussbeiwerte gemäß FLL-Dachbegrünungsrichtlinien und DIN 1986-100
Nähere Informationen zur "Entwässerung" in Kap. 1.4

Tab. 4 Extensivbegrünung – Kostenrichtwerte

	Sedum-Moos	Sedum-Moos-Kräuter	Sedum-Kräuter	Kräuter-Gräser-Sedum	Gräser-Kräuter
Kostenrichtwerte in €/m² (brutto)					
Einbaukosten 18 m²					
einschichtig	53 – 66	57 – 84	60 – 90	64 – 100	67 – 107
mehrschichtig	77 – 103	69 – 100	72 – 159	76 – 119	79 – 129
Pflegekosten €/m ² /a	5 – 18	5 – 18	5 – 21	7 – 21	7 – 24
Einbaukosten 50 m²					
einschichtig	35 – 50	41 – 54	47 – 60	52 – 66	55 – 72
mehrschichtig	51 – 61	54 – 76	58 – 81	61 – 78	65 – 84
Pflegekosten €/m ² /a	4 – 10	4 – 10	4 – 12	5 – 12	6 – 15
Einbaukosten 100 m²					
einschichtig	35 – 40	39 – 45	42 – 51	45 – 57	48 – 63
mehrschichtig	45 – 52	48 – 60	52 – 64	55 – 72	60 – 79
Pflegekosten €/m ² /a	3 – 6	4 – 6	4 – 8	4 – 8	4 – 9
Einbaukosten 500 m²					
einschichtig	23 – 31	26 – 36	28 – 42	34 – 46	38 – 50
mehrschichtig	33 – 41	33 – 44	34 – 48	44 – 55	46 – 60
Pflegekosten €/m ² /a	2 – 4	2 – 4	2 – 5	2 – 5	2 – 6
Einbaukosten 1000 m²					
einschichtig	17 – 30	20 – 34	22 – 37	26 – 43	29 – 48
mehrschichtig	26 – 40	28 – 40	30 – 48	34 – 54	38 – 60
Pflegekosten €/m ² /a	2 – 3	2 – 3	2 – 4	2 – 4	2 – 5

Anmerkungen zu den Kostenrichtwerten:

Die angegebenen Werte sind unverbindliche Richtwerte zur ersten Orientierung! Die Herstellkosten hängen von vielen Faktoren ab, u. a. von Gründachaufbau, Flächengröße, Erreichbarkeit, Gebäudehöhe.

Tabellen zur Intensivbegrünung

Tab. 5 Intensivbegrünung – Aufbau, Wirkungen, Einsatzbereiche, Eignung

	Hohe Stauden-Gehölze (Dachgarten)	Rasen	Hohe Stauden-Rasen- Bäume (Tiefgarage)
Höhe Gründachaufbau [cm]	25 – 30	30	25 – 100
Pflegeaufwand*	+++	+++	++++
Maximal-Gewicht [kg/m ²] (im wassergesättig- ten Zustand)	ca. 300 – 350	ca. 350	ca. 300 – 1200
Wirkungen*			
Verbesserung des Stadtklimas	+++	++	++++
Regenwasserrückhalt	+++	+++ / ++++	+++ / ++++
Förderung der Biodiversität	++ / ++++	+	+++ / ++++
Lärminderung	+++	+++	++++
Zusätzliche Nutz- und Freizeitflächen	+++	+++	++++
Energieeinsparungen	+++ / ++++	+++	++++
Schutz der Gebäudehülle	++++	++++	++++
Gestaltungselement	+++	++	++++
Einsatzbereiche**			
Mehrgeschossiger Wohnungsbau	+	+	+
Bürogebäude	+	+	+
Hallen	±	±	±
Ein- und Zweifamilien- häuser	+	+	+
Flachdach	+	+	+
Schrägdach (> 15°)	-	-	-
Geringe Lastreserve bei Be- standbau	-	-	-
Hohe Lastreserve bei Bestandsbau	+	+	+
Eignung auf Dachkonstruktionen gem. FLL-Dachbegrünungsrichtlinien**			
Warmdach	+	+	+
Leichtkonstruktionen	-	-	-
Kaltdach	-	-	-
Umkehrdach	+	+	+
Dachdecke aus „WU- Beton“	+	+	+

* + = niedrig bis ++++ = hoch (Beruht auf eigener Einschätzung/Erfahrung)

** + = geeignet, ± = bedingt geeignet, - = nicht geeignet (Beruht auf eigener Einschätzung/Erfahrung)

Die verschiedenen Dachkonstruktionen werden in Kap 1.4 erläutert.

Tab. 6 Intensivbegrünung – Abflussbeiwerte

	Hohe Stauden-Gehölze (Dachgarten)	Rasen	Hohe Stauden-Rasen- Bäume (Tiefgarage)
Höhe Gründachaufbau [cm]	25 – 30	30	25 – 100
Abflussbeiwerte			
Spitzenabflussbeiwert C_s	0,2	0,2	0,1 – 0,2
Jahresabflussbeiwert C_a	0,3	0,3	≤ 0,1 – 0,3
Mittlerer Abflussbeiwert C_m	0,1 (ab 30 cm) – 0,2	0,1	0,1

Abflussbeiwerte gemäß FLL-Dachbegrünungsrichtlinien und DIN 1986-100
Nähere Informationen zur "Entwässerung" in Kap. 1.4

Tab. 7 Intensivbegrünung – Kostenrichtwerte

	Hohe Stauden-Gehölze (Dachgarten)	Rasen	Hohe Stauden-Rasen- Bäume (Tiefgarage)
Kostenrichtwerte in €/m² (brutto)			
Einbaukosten 20 m²	119 – 298	143 – 298	178 – 595
Pflegekosten €/m ² /a	23 – 60	41 – 90	59 – 90
Einbaukosten 50 m²	113 – 238	130 – 238	166 – 417
Pflegekosten €/m ² /a	17 – 48	29 – 78	35 – 78
Einbaukosten 100 m²	120 – 249	141 – 249	183 – 425
Pflegekosten €/m ² /a	11 – 24	23 – 58	23 – 48
Einbaukosten 500 m²	83 – 179	101 – 179	130 – 298
Pflegekosten €/m ² /a	7 – 15	7 – 30	11 – 30
Einbaukosten 1000 m²	77 – 161	83 – 161	95 – 238
Pflegekosten €/m ² /a	4 – 12	5 – 22	9 – 22

Anmerkungen zu den Kostenrichtwerten:

Die angegebenen Werte sind unverbindliche Richtwerte zur ersten Orientierung! Die Herstellkosten hängen von vielen Faktoren ab, u. a. von Gründachaufbau, Flächengröße, Erreichbarkeit, Gebäudehöhe.

Tabellen zu zielgerichteten, besonderen Lösungen der Dachbegrünung

Tab. 8 Zielgerichtete, besondere Lösungen der Dachbegrünung – Aufbau, Wirkungen, Einsatzbereiche, Eignung

	Solar-Gründach	Bio-diversitäts-gründach	Retentions-gründach	Urban-Farming-Dach	Steildach mit 30°
Höhe Gründachaufbau [cm]	10 – 12	10 – 15, partiell bis 30	25 – 100	Ab 25	10
Pflegeaufwand*	+++	+++	+++	++++	+++
Maximal-Gewicht [kg/m ²] (im wassergesättigten Zustand)	110 – 170	110 – 190, partiell bis 330	300 – 1200	Ab 300	100 – 150
Wirkungen*					
Verbesserung des Stadtklimas	++	+++	++++	+++	++/+++
Regenwasserrückhalt	++	++/+++	++++	+++/++++	++
Förderung der Biodiversität	++/+++	++++	++/++++	+++	++/+++
Lärminderung	++	++	++++	+++	+++
Zusätzliche Nutz- und Freizeitflächen	++	+++	++/++++	++++	+++
Energieeinsparungen	++	++	+++	++	++
Schutz der Gebäudehülle	++++	++++	++++	++++	++++
Gestaltungselement	++	+++	++	+++	++++
Einsatzbereiche**					
Mehrgeschossiger Wohnungsbau	+	±	+	+	+
Bürogebäude	+	+	+	+	+
Hallen	+	+	±	±	±
Ein- und Zweifamilienhäuser	+	+	+	+	+
Flachdach	+	+	+	+	-
Schrägdach (> 15°)	-	-	-	-	+
Geringe Lastreserve bei Bestandsbau	±	±	-	-	±
Hohe Lastreserve bei Bestandsbau	+	+	+	+	+
Eignung auf Dachkonstruktionen gem. FLL-Dachbegrünungsrichtlinien**					
Warmdach	+	+	+	+	+
Leichtkonstruktionen	-	-	-	-	±
Kaltdach	-	-	-	-	±
Umkehrdach	+	+	+	+	-
Dachdecke aus „WU-Beton“	+	+	+	+	-

* + = niedrig bis ++++ = hoch (Beruht auf eigener Einschätzung/Erfahrung)

** + = geeignet, ± = bedingt geeignet, - = nicht geeignet (Beruht auf eigener Einschätzung/Erfahrung)

Die verschiedenen Dachkonstruktionen werden in Kap 1.4 erläutert.

Tab. 9 Zielgerichtete, besondere Lösungen der Dachbegrünung – Abflussbeiwerte

	Solar-Gründach	Bio-diversitäts-gründach	Retentions-gründach	Urban-Farming-Dach	Steildach mit 30°
Höhe Gründachaufbau [cm]	10 – 12	10 – 15, partiell bis 30	25 – 100	Ab 25	10
Abflussbeiwerte					
Spitzenabflussbeiwert C_s	0,4	0,4	0,01 – 0,2	0,2	0,7
Jahresabflussbeiwert C_a	0,45	0,45	≤ 0,1 – 0,3	0,3	0,45–0,5
Mittlerer Abflussbeiwert C_m	0,2	0,2	0,1 – 0,2	0,2	0,4

Abflussbeiwerte gemäß FLL-Dachbegrünungsrichtlinien und DIN 1986-100
 Nähere Informationen zur "Entwässerung" in Kap. 1.4

Tab. 10 Zielgerichtete, besondere Lösungen der Dachbegrünung – Kostenrichtwerte

	Solar-Gründach	Bio-diversitäts-gründach	Retentions-gründach	Urban-Farming-Dach	Steildach mit 30°
Kostenrichtwerte in €/m² (brutto)					
Einbaukosten 20 m²	476 – 595*	89 – 119	154 – 298	101 – 298	130 – 238
Pflegekosten €/m ² /a	11 – 22	14 – 24	11 – 30	17 – 119	23
Einbaukosten 50 m²	357 – 476*	59 – 90	142 – 238	95 – 238	119 – 179
Pflegekosten €/m ² /a	5 – 12	7 – 15	5 – 15	17 – 60	14 – 21
Einbaukosten 100 m²	238 – 357*	47 – 81	113 – 209	83 – 238	95 – 143
Pflegekosten €/m ² /a	3 – 12	4 – 9	3 – 9	11 – 30	8 – 12
Einbaukosten 500 m²	215 – 298*	41 – 69	77 – 179	61 – 179	77 – 119
Pflegekosten €/m ² /a	2 – 8	2 – 6	2 – 8	7 – 12	4 – 9
Einbaukosten 1000 m²	178 – 262*	35 – 65	65 – 161	47 – 161	/
Pflegekosten €/m ² /a	2 – 6	2 – 5	2 – 6	4 – 10	/

* Kostenrichtwerte für Dachbegrünung inkl. Photovoltaikanlage (Abhängig von Dachbegrünungsaufbau, Reihenabständen und genutzten PV-Modulen)

Anmerkungen zu den Kostenrichtwerten:

Die angegebenen Werte sind unverbindliche Richtwerte zur ersten Orientierung! Die Herstellkosten hängen von vielen Faktoren ab, u. a. von Gründachaufbau, Flächengröße, Erreichbarkeit, Gebäudehöhe.



1.4 Planungsgrundlagen Bau- und Vegetationstechnik

Dachkonstruktion

Abhängig von der Dachkonstruktion müssen unterschiedliche konstruktive und bauphysikalische Bedingungen an die Begrünung gestellt werden. Nachfolgend werden die einzelnen Dachkonstruktionen auf ihre Eignung für eine Dachbegrünung beschrieben. Die Tabellen 2, 5 und 8 zeigen die Eignung zudem genauer auf.

Beurteilung zur Eignung für Dachbegrünung (gemäß FLL 2018):

Warmdach

Unter einem Warmdach ist ein nicht belüftetes Dach zu verstehen, es ist also keine Belüftungsschicht vorhanden. Die einzelnen Bauteile verhindern dennoch eine Durchfeuchtung der Konstruktion. Warmdächer können mit und ohne Wärmedämmung ausgeführt werden. Das Warmdach lässt alle Begrünungsarten und Vegetationsformen einer Dachbegrünung zu, insbesondere auch solche mit höheren Lastannahmen. Wichtig ist, dass die Druckbelastbarkeit des Wärmedämmstoffes auf die Lasten des Begrünungsaufbaus einschließlich der Last der Vegetation abgestimmt werden muss.

Leichtkonstruktionen

Leichtkonstruktionen sind Warmdächer, die jedoch nur sehr wenig Last aufnehmen können. Die Begrünung ist demzufolge als leichtes System auszuführen.

Kaltdach

Bei einem Kaltdach wird zwischen der Wärmedämmung und der Unterlage eine Belüftungsebene gezogen, die verhindert, dass sich andauernde Feuchtigkeit bildet. Für eine Dachbegrünung ist die i.d.R. geringe Tragfähigkeit der oberen Schale zu beachten. Die bauphysikalischen Vorgänge können durch den Kühleffekt einer Dachbegrünung beeinflusst werden. Die Auswirkungen auf die Dachkonstruktion sind daher im Einzelfall zu überprüfen.

Umkehrdach

Entgegen des Warmdaches werden bei einem Umkehrdach die beiden Schichten „Dampfsperre und Abdichtung“ zusammengefügt und befinden sich unter einer lose verlegten Wärmedämmung. Für die Dachbegrünung muss auf eine dampfdiffusionsoffene Bauweise geachtet werden. Objektbezogen ist zu klären, inwiefern Ausgleichs- und diffusionsoffene Zwischenschichten erforderlich sind.

Dachdecke aus wasserundurchlässigem Beton („WU-Beton“)

WU-Beton darf Wasser bis zu einer Tiefe von maximal 50 mm aufnehmen. Ist keine Wärmedämmung vorhanden oder wenn sich diese unter dem WU-Beton befindet, sind alle Begrünungsarten und Vegetationsformen möglich. Zudem besteht im Regelfall keine Notwendigkeit auf einen zusätzlichen flächigen Durchwurzelungsschutz. Befindet sich die Wärmedämmung dagegen oberseitig des WU-Betons, muss wie bei einem Umkehrdach verfahren werden.

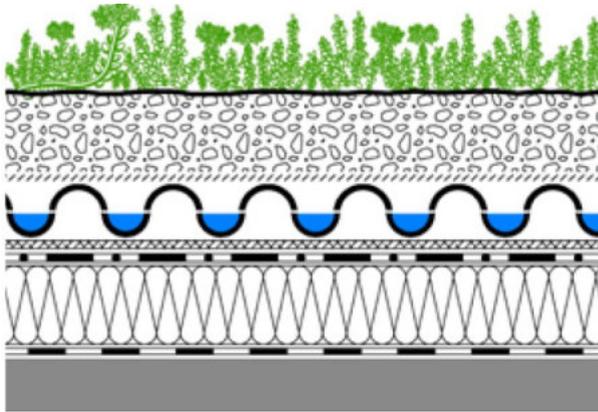


Abb. 24 Schnitt Warmdach (BuGG)

- 1 Vegetation auf Vegetationstragschicht
- 2 Filterschicht
- 3 Dränageschicht
- 4 Schutzlage
- 5 Dachabdichtung
- 6 Trenn- und Schutzlage
- 7 Wärmedämmung
- 8 Dampfsperre
- 9 Tragende Decke

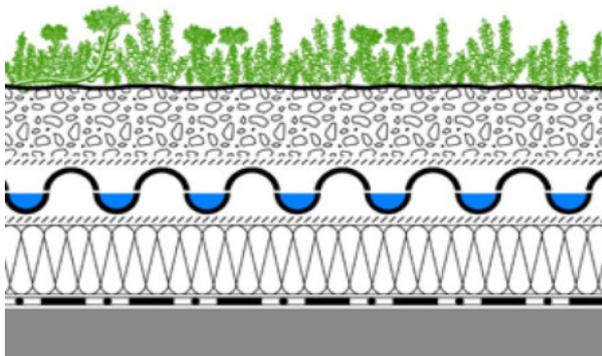


Abb. 25 Schnitt Umkehrdach (BuGG)

- 1 Vegetation auf Vegetationstragschicht
- 2 Filterschicht
- 3 Dränageschicht
- 4 Rieselschutzlage
- 5 Wärmedämmung
- 6 Dachabdichtung
- 7 Trenn- und Schutzlage
- 8 Tragende Decke

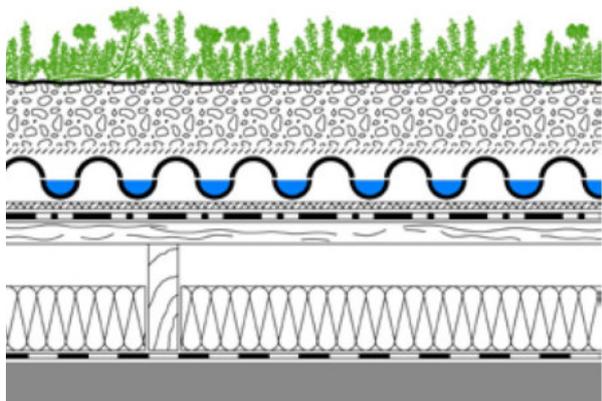


Abb. 26 Schnitt Kaltdach (BuGG)

- 1 Vegetation auf Vegetationstragschicht
- 2 Filterschicht
- 3 Dränageschicht
- 4 Schutzlage
- 5 Dachabdichtung
- 6 Trenn- und Schutzlage
- 7 Unterkonstruktion
- 8 Wärmedämmung
- 9 Tragende Decke

Statik

Eine der wichtigsten Planungsgrundlagen von Dachbegrünungen betrifft die statischen Voraussetzungen der Dachkonstruktion. Bei Neubauobjekten kann die notwendige Last (im wassergesättigten Zustand) von Beginn an mit eingeplant werden. Wird die Dachbegrünung nachträglich auf ein bestehendes Gebäude aufgebracht, so ist der Begrünungsaufbau an die statistischen Gegebenheiten gebunden. Nicht immer lässt dies eine nachträgliche Begrünung zu. Ggf. können Kiesschüttungen und mehrfach übereinander geklebte Dachabdichtungslagen bei Sanierungen und

nachträglicher Begrünung „gegen-gerechnet“ werden. Die maximale Last der Dachbegrünung ergibt sich aus dem gesamten Dachbegrünungsaufbau mit allen notwendigen Schichten im wassergesättigten Zustand einschließlich der Vegetation, der örtlichen Schneelast, sowie gegebenenfalls Sonderbauteilen, wie etwa Photovoltaikanlagen oder mehr Retentionsvolumen. Bei Intensivbegrünung sind weitere Lasten für Personen und Fahrzeuge und ggf. Einzelstrukturen wie Bäume, Spielplätze mit einzuberechnen. Die ungefähren Lasten für die verschiedenen Dachbegrünungssysteme sind in den Tabellen 2, 5 und 8 beziffert.

Dachneigung

Es gibt durch die Fachregeln keine Vorgaben, ab welchen Dachneigungen man von Schräg- bzw. Steildach spricht. In der Begrünungspraxis ist folgende Einteilung üblich:

- 0 – 5° Dachneigung: Flachdach
- 5 bis etwa 15° Dachneigung: Schrägdach
- über 15° Dachneigung: Steildach

Dachbegrünungen können sowohl auf Flachdächern als auch auf Schrägdächern bis zu einer Neigung von etwa 45° gebaut werden. Da die Umsetzung einfacher ist, eignen sich primär flache Dächer zur Begrünung. Je steiler die Dächer werden, desto komplizierter und teurer wird auch die Dachbegrünung, da ab einer Dachneigung von 10 bis 15° weitere Sicherungsmaßnahmen gegen das Abrutschen des Gründachaufbaus erforderlich werden. Intensivbegrünungen und die zielorientierten, besonderen Lösungen eignen sich in der Regel nicht für Schräg- bzw. Steildächer.

Wurzelschutz

Um Schäden an der Dachhaut zu vermeiden ist unbedingt die Wurzelfestigkeit sicherzustellen. Im besten Fall geschieht dies über eine wurzelfeste Dachabdichtung. Die Wurzelfestigkeit muss gemäß den FLL-Vorgaben bzw. der DIN EN 13948 („Bestimmung des Widerstandes gegen Durchwurzelung von Bitumen-, Kunststoff und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen“) nachgewiesen sein. Soll eine Dachbegrünung auf einem bestehenden Gebäude nachgerüstet werden, muss vorab geprüft werden, ob die vorhandene Abdichtungsbahn bereits wurzelfest und noch etwa 10-15 Jahre halten wird. Ist die Dachabdichtung nicht wurzelfest, ist diese durch ein wurzelfestes Produkt auszutauschen oder muss mit einer zusätzlichen Wurzelschutzfolie belegt werden. Welche Dachabdichtungen unter Dachbegrünungen geeignet sind, findet sich in der BuGG-Fachinformation „Wurzelfeste Produkte für begrünte Dächer (BuGG-WBB-Liste) 2020“ .

Entwässerung

Begrünte Dächer sind genau wie nicht begrünte Dachflächen fachgerecht entsprechend der DIN 12056-3 und DIN 1986-100 zu entwässern. Die Berechnung der notwendigen Entwässerungseinrichtungen erfolgt durch den Spitzenabflussbeiwert

(siehe FLL 2018). Unterschieden wird in drei Abflussbeiwerte, die jeweils für verschiedene Berechnungen notwendig sind:

- Spitzenabflussbeiwert (C_s) für die Berechnung der abflusswirksamen Fläche zur Bemessung der Dachentwässerung und Grundleitungen
- Jahresabflussbeiwert (ψ_a) zur Berechnung der Niederschlagswassergebühr
- Mittlerer Abflussbeiwert (C_m) für die Berechnung des Volumens von Niederschlagswasserrückhalten bei einer schrittweise ermittelten maßgebenden Regendauerstufe;

Die typischen Abflussbeiwerte für die unterschiedlichen Dachbegrünungsaufbauten sind in Tabelle 3, 6 und 9 beschrieben. Wenn gewünscht, können sich die Werte jedoch auch mit speziellen Dachbegrünungssystemen verändern lassen.

Objektbezogen müssen die folgenden Entwässerungseinrichtungen das Überschusswasser aus der Dränschicht und ggf. das Oberflächenwasser von der Vegetationstragschicht aufnehmen und vom Dach ableiten:

- Dachabläufe
- Innen liegende Entwässerungsrinnen
- Rinnen von Türen
- Dachrinnen
- Wasserspeicher
- Notüberläufe

Überschusswasser von anderen Dach- oder Fassadenflächen muss gesondert berücksichtigt werden.

Brandschutz

Intensive Dachbegrünungen erfüllen automatisch die Voraussetzungen für eine „Harte Bedachung“, d.h. sie gelten als Bedachungen, die widerstandsfähig gegen Flugfeuer und strahlende Wärme sind. Damit Dächer auch mit Extensivbegrünungen brandsicher sind, müssen gemäß FLL-Dachbegrünungsrichtlinien und DIN 4102 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 4 bestimmte Voraussetzungen bei der Planung und Umsetzung erfüllt werden. Diese sind:

- ein maximal organischer Massenanteil von 20 % in der Vegetationstragschicht,
- eine Vegetationstragschicht mit einer Schichtstärke von min. 30 mm,
- dass Gebäudeabschlusswände, Brandwände oder Wände, die anstelle von Brandwänden zulässig sind, in Abständen von maximal 40 m mindestens 0,3 m über das Dach geführt werden müssen,

- dass ein Abstandsstreifen aus Kies oder Platten von mindestens 0,5 m Breite gegenüber Öffnungen in der Dachfläche oder aufgehenden Wänden mit Fenstern auszubilden ist, sobald sich deren Brüstung weniger als 0,8 m oberhalb der Vegetationstragschicht befindet und
- dass bei einander giebelständigen Gebäuden im Bereich der Traufe ein in der Horizontalen gemessener 1 m breiter Streifen unbegrünt bleiben muss und mit Oberflächenschutz aus nichtbrennbaren Baustoffen versehen sein muss.

Verwehsicherheit/Windsog

Alle Bauteile des Gründaches müssen dauerhaft verwehsicher sein. Das gilt für den Dachbegrünungsaufbau genauso wie für eventuell lose verlegte Schichten, die sich darunter befinden (lose verlegte Dachabdichtung, Umkehrdach-Dämmung). Vor allem die First-, Eck- und Randbereiche des Daches sind von starken Windsogkräften betroffen. Damit in diesen Bereichen der Begrünungsaufbau nicht verweht, können objektbezogen spezielle Sicherungsmaßnahmen notwendig werden. Das könnten beispielsweise Vegetationsmatten oder Rasengittersteine sein.

Bildet die Begrünung die Auflast für eine lose verlegte Dachabdichtung oder Wärmedämmung, sollte der benötigte Dachbegrünungsaufbau unverzüglich nach Verlegung der Dachabdichtung bzw. der Wärmedämmung aufgebracht werden. Der Gründachaufbau muss dann die erforderliche Mindestauflast zur Lagesicherheit erfüllen. Diese ist je nach Produkt und örtlicher Windzone unterschiedlich.

Detaillierte Angaben zur Verwehsicherung der Dachabdichtung finden sich in Eurocode 1 DIN EN 1991-1-4 und in den Flachdachrichtlinien.

Zugang/Absturzsicherung

Grundsätzlich benötigen Gebäude, die Größer als 50 m² sind ab einer Höhe von 2 m eine Absturzsicherung. (BAuA 2018). Die Sicherung auf Gründächern kann entweder mit Kollektivschutz (Geländer) oder Persönlicher Schutzausrüstung gegen Absturz (PSAgA) in Form von Einzelanschlagpunkten oder Schienensystemen geschehen. Auch hier sind auflastgehalten Systeme für PSAgA bzw. Geländer bevorzugt zu verwenden, da diese nicht in die Dachkonstruktion und -abdichtung eingreifen.

Bewässerung

Bei der Planung einer Dachbegrünung sollte auch darüber nachgedacht werden, ob für den Gründachaufbau eine zusätzliche Bewässerung mit eingeplant werden muss. Die Bewässerungsstrategie ist dabei abhängig von den folgenden Faktoren: Begrünungsziel, Begrünungsart, Gründachaufbau und den örtlichen Niederschlagsverhältnissen.

Aus ökologischer und ökonomischer Betrachtung eignet sich ein Gründachaufbau mit hoher Wasserspeicherung am besten, damit das Substrat längerfristig feucht gehalten wird. Das funktioniert vor allem bei Extensivbegrünungen ab Substratstärken von 8-10 cm gut. Dann kann i.d.R. auch auf eine weitere Bewässerung nach der Fertigstellungspflege verzichtet werden. Niedrigere Gründachaufbauten neigen jedoch eher zum Austrocknen.

Intensivbegrünungen und andere höherschichtige Dachbegrünungsaufbauten benötigen oftmals, insbesondere in der Vegetationsphase, eine Bewässerung. Diese kann je nach Größe der Dachfläche händisch oder automatisch mit Beregnungsanlagen oder Tropfschläuchen durchgeführt werden. Als Wasserquelle kann Niederschlagswasser, Frischwasser oder auch Grauwasser genutzt werden. Das Niederschlagswasser ist in diesem Zusammenhang das ökonomisch und ökologisch Sinnvollste. So kann das Überschusswasser aus den umliegenden Gebäuden und Flächen in einer Zisterne gespeichert werden und im Bedarfsfall durch einen geschlossenen Kreislauf direkt für die Bewässerung der Dachbegrünung eingesetzt werden.

Eine weitere Möglichkeit bietet die Anstaubewässerung. Diese wird über Stauregler und Schwimmerplatte gesteuert. Wenn der Wasseranstau unter die vorgegebene Höhe sinkt, wird die Frischwasserzufuhr freigegeben und der Wasserspiegel steigt wieder.

Pflanzenauswahl

Die Auswahl der Pflanzen oder des Saatguts geschieht entsprechend der Höhe des Schichtaufbaus. Je höher die Vegetationstragschicht desto höher ist auch die Pflanzenvielfalt.

Extensivbegrünungen weisen meist nur eine sehr geringe Substratschicht auf. Während sich mit 6 – 8 cm nur niedrigwüchsige Sedum- und Kräuterarten etablieren, können mit 10 – 15 cm Substratstärke die

Pflanzen schon bis zu einer Höhe von 50 cm wachsen. Dachbegrünungshersteller verfügen bereits über fertige Saatgutmischungen, die auf die jeweiligen Vegetationsformen angepasst wurden.

Dagegen sind bei Intensivbegrünungen die Möglichkeiten annähernd die Gleichen eines ebenen Gartens.

Auch hier muss die Substratschicht der gewünschten Zielvegetation angepasst werden.

Auf rhizombildende Pflanzen (z.B. Bambus oder Schilf) sollte bei einer Dachbegrünung verzichtet werden, da hierfür der Wurzelschutz nicht gewährleistet ist.

Tab. 11 Pflanzenliste Extensivbegrünung (Mischung aus verschiedenen Vegetationsformen)

Botanischer Name	Deutscher Name	Standort			Höhe [cm]	Blütezeit	Blüten-/Blattfarbe
		○	◐	●			
Allium schoenoprasum	Schnittlauch	x			10 – 40	6 – 8	rosa
Campanula carpatica	Karpaten-Glockenblume	x	x		15 – 20	7 – 9	hellblau
Dianthus carthusianorum	Karthäuser-Nelke	x			30 – 40	6 – 9	rosa
Dianthus deltoides	Heidenelke	x			10 – 30	6 – 9	rosa
Festuca glauca	Blau-Schwingel	x			25 – 30	6 – 7	grau-blau
Koeleria glauca	Schillergras	x			20 – 40	6 – 7	grünsilbrig
Origanum vulgare	Wildmajoran	x	x		20 – 60	7 – 10	lila
Petrorhagia saxifraga	Felsennelke	x	x		10 – 25	6 – 9	weiß-rosa
Prunella grandiflora	Großblütige Braunelle	x	x		5 – 15	6 – 8	violett
Sedum album in Sorten	Weißer Mauerpfeffer	x			5 – 15	6 – 8	weiß
Sedum floriferum	Goldsedum	x			10 – 20	6 – 7	goldgeld
Sedum reflexum	Tripmadam	x			20 – 25	6 – 7	gelb
Sedum sexangulare	Milder Mauerpfeffer	x			5 – 10	6 – 7	gelb
Sedum spurium	Kaukasus-Fetthenne	x	x		10 – 15	7 – 8	weiß-rosa
Thymus serpyllum	Kriechender Thymian	x			4 – 5	5 – 9	violett

Tab. 12 Pflanzenliste Intensivbegrünung (Mischung aus verschiedenen Vegetationsformen)

Botanischer Name	Deutscher Name	Standort			Höhe [cm]	Blütezeit	Blüten-/Blattfarbe
		○	◐	●			
Aster amellus	Bergaster	x			60	8 – 9	gelb
Berberis thunbergii	Berberitze	x	x		100 – 150	5	gelb
Bergenia cordifolia	Bergenie	x	x	x	30 – 35	3	Rosa – rot
Carex pendula	Riesensegge	x	x		80 – 100	6 – 7	grün
Cornus sanguinea	Roter Hartriegel	x	x		200 – 300	5 – 6	weiß
Cotoneaster dammeri	Zwergmispel	x	x		10 – 15	5	Weiß-rötlich
Euonymus fortunei	Spindelstrauch		x	x	20	/	/
Festuca ovina	Schwingel	x			20	5 – 7	blaugrün
Hemerocallis in Sorten	Taglilie	x	x		60 – 80	7 – 8	sortenabhängig
Lavendula augustifolia	Lavendel	x			50	6 – 7	violett
Molinia caerulea	Pfeifengras	x	x		60	8 – 9	grün
Phlox paniculata	Gartenphlox	x			80 – 120	6 – 9	sortenabhängig
Poa pratensis	Wiesenrispe	x			50	6 – 7	grün
Potentilla fruticosa	Fingerstrauch	x	x		80 – 100	6 – 9	gelb
Ribes sanguineum	Johannisbeere	x	x		200	4 – 5	Gelb – rot



1.5 Instandhaltung (Pflege und Wartung)

Eine fachgerechte und regelmäßige Pflege und Wartung der Dachbegrünung ist für ein langfristiges Überleben der Vegetation sicherzustellen. Für Extensivbegrünungen ist die Pflege ein- bis zweimal jährlich durchzuführen. Bei Intensivbegrünungen wird die Häufigkeit der Pflegegänge anhand des gewünschten Erscheinungsbildes und der Nutzung festgelegt und liegt bei etwa 4-10 Pflegegängen pro Jahr.

Instandhaltungsmaßnahmen für Dachbegrünungen

Die nachfolgenden Pflegemaßnahmen gelten zunächst für extensive Dachbegrünungen. Anschließend werden zusätzliche bzw. intensivere Pflegemaßnahmen der weiteren Dachbegrünungsformen genannt.

- Unerwünschten Bewuchs entfernen, d. h. nicht gepflanzte Gehölze (z.B. Birken, Kiefern, Pappeln, Weiden) und invasive Arten
- Schnittgut, Laub und Unrat entfernen
- Kiesstreifen und Plattenbeläge von Bewuchs frei halten
- Im Bedarfsfall Düngen, Richtwert: 5 g N/m² pro Jahr mit Langzeitdünger
- Wässern im Bedarfsfall
- Mähen und Mähgut entfernen
- Fehlstellen nachsäen oder pflanzen
- Substrat bei Erosion nachfüllen
- Pflanzenschutz
- Rand-, Sicherheitsstreifen, Plattenbeläge freihalten
- Entwässerungseinrichtungen säubern
- Blick in den Kontrollschacht, ggf. Unrat entfernen
- Bewässerungsanlage (sofern vorhanden) kontrollieren und Funktion prüfen



Abb. 27 Blick in den Kontrollschacht (BuGG)



Abb. 28 Pflegebedürftige Extensivbegrünung (BuGG)



Abb. 29 Überwachener Kontrollschacht (BuGG)

Zusätzliche Instandhaltungsmaßnahmen von Intensivbegrünungen

- Schnitтарbeiten
- Mähen und/oder Mulchen
- Winterschutzmaßnahmen, z.B. automatische Bewässerung abstellen, Wasserleitungen entleeren und Wasseranstau absenken
- Verankerungen überprüfen und nachziehen

Zusätzliche Instandhaltungsmaßnahmen von Rasendächern

- Mähen mit Rasenmäher bzw. Freischneider
- Mähgut entfernen
- Laub und Unrat beseitigen
- Nachsäen im Bedarfsfall
- Vertikutieren, aerifizieren, besanden
- Bewässerungsanlage kontrollieren und Funktion prüfen

Zusätzliche Instandhaltungsmaßnahmen von Solar-Gründächern

- Zu hohen Bewuchs vor und unter den Solarmodulen sowie im nahen Umfeld entfernen
- Mähen und Mähgut entnehmen

Zusätzliche Instandhaltungsmaßnahmen von Biodiversitätsgründächern

- Unerwünschten Bewuchs entfernen (Gehölze, invasive Arten)
- Mähen im Bedarfsfall
- Nisthilfen kontrollieren, reinigen und ggf. austauschen

Zusätzliche Instandhaltungsmaßnahmen von Retentionsdächern

- Wasseranstau im Bedarfsfall absenken
- Drosselablauf prüfen und ggf. reinigen

Zusätzliche Instandhaltungsmaßnahmen von Urban-Farming-Dach

- Einjährige Obst- und Gemüsesorten per Hand entfernen
- Substrat im Bedarfsfall (teilweise) austauschen
- Dünger (i. d. R. organisch) im Bedarfsfall ergänzen und untermischen



Abb. 30 Pflegemaßnahmen auf einem Solar-Gründach (BuGG)

2 Basiswissen zur Fassadenbegrünung

2.1 Positive Effekte von Fassadenbegrünungen

Verbesserung des Stadtklimas

Durch den Verschattungs- und Kühlungseffekt der Fassadenbegrünung kann einerseits die Fassadenoberfläche gekühlt werden, was zu Energiekosteneinsparungen führt und andererseits entsteht durch die Verdunstung eine Kühlung der direkten Umgebung der Fassade. Je großflächiger Fassadenbegrünungen umgesetzt werden, desto größer ist auch der Kühlungseffekt innerhalb stark beheizter Bereiche. Das kann Hitzeinseln vorbeugen und die Aufenthaltsqualität deutlich steigern. Kletterpflanzen sind in der Lage bis zu 15 l/m² am Tag zu verdunsten und sorgen somit zusammen mit der Verschattung für eine Kühlung des Außen- und Innenraums (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung 2010). Eine detaillierte Umrechnung der Verdunstungskühlung zu einer Temperaturveränderung innerhalb der Stadt fand bisher noch nicht statt. Des Weiteren binden und filtern Fassadenbegrünungen Staub und Luftschadstoffe und wandeln ca. 2,3 kg/m² CO₂ im Jahr in Sauerstoff um (Schröder 2009).

Förderung der Biodiversität und Artenschutz

Pflanzenspezifisch eröffnen insbesondere wandgebundenen Begrünungen viele Möglichkeiten. Mit dem richtigen System und einer fachgerechten Pflege lassen sich eine große Fülle an Pflanzen realisieren. Aus faunistischer Sicht dienen Fassadenbegrünungen, egal ob boden- oder wandgebunden, sowohl Insekten und Spinnen, als auch Kleintieren als Rückzugsort oder Nistplatz. Es handelt sich meist um Arten, die sich als thermophil (wärmeliebend), synanthrop (mit den Menschen zusammenlebend) und auch als arbicol (holzbewohnend) klassifizieren (Köhler et al. 1993).

Nachhaltige

Regenwasserbewirtschaftung

Wird überschüssiges Niederschlagswasser aus der Umgebung, z.B. auch Auffangwasser der Fassadenbegrünung, in einer Zisterne gesammelt, kann dieses zur Bewässerung der boden- oder wandgebundenen Fassadenbegrünung genutzt werden. Dies stellt eine nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung sicher.

Die Fassadenbegrünungen an sich können kaum Niederschlagswasser aufnehmen.

Zusätzliche Nutz- und Freizeitflächen

Fassadenbegrünungen nehmen Räume ein, die meist ohnehin ungenutzt bleiben. Sie können daher aufgrund ihrer Wirkungen zum Einsatz kommen und zur Steigerung der Aufenthaltsqualität verwendet werden, sie bieten aber auch die Möglichkeit der aktiven Nutzung. Eine Variante wäre der Nutzpflanzenanbau. Das kann mit Kletterpflanzen, wie Brombeeren, Wein oder Kiwi, geschehen oder lässt sich auch mit wandgebundenen Begrünungen umsetzen, indem man Erdbeeren oder Salate vertikal an der Fassade wachsen lässt.

Lärminderung

Vor allem die Blattmasse und Blattdichte der Fassadenbegrünung trägt dazu bei, dass die Schallwellen gemindert werden. Nachweislich können mit einer Fassadenbegrünung, abhängig des Aufbaus und des Pflegezustandes etwa 5 Dezibel von außen nach innen verringert werden (Pfoser 2016).

Energieeinsparung

Je nach Jahreszeit wirkt die Fassadenbegrünung als Wärmedämmung oder Hitzeschild. Werden immergrüne Pflanzen ausgewählt, hat die Begrünung im Winter eine gewisse dämmende Funktion, weshalb angenommen werden kann, dass Heizkosten eingespart werden können. Daten, die dies belegen, sind zum jetzigen Zeitpunkt nicht vorhanden.

Ein ähnlicher Effekt zeigt sich im Sommer auf, denn dann sorgt die Fassadenbegrünung aufgrund ihrer Verschattung dafür, dass weniger Wärme ins Gebäude treten kann, wodurch der Energiebedarf zur Kühlung der Räume mittels Klimatisierungsgeräten sehr wahrscheinlich gesenkt wird. Aussagekräftige Untersuchungen, die diesen Effekt genauer betrachten, existieren nicht.

Schutz der Gebäudehülle

Die Pflanzen schützen bei gesamtflächiger Begrünung die Fassadenoberfläche vor äußeren Witterungsbedingungen, UV-Strahlung, aber auch Dreck, Schmierereien und Graffiti.

Gestaltungselement und Wohnumfeldaufwertung

Im Idealfall sollen Fassadenbegrünung das Stadtbild verschönern und gleichzeitig noch positive Wirkungen auf das Stadtklima haben. Das funktioniert durch eine fachgerechte Planung und Instandhaltung der Begrünung. Die gestalterischen Möglichkeiten von Fassadenbegrünungen sind groß. Gerade wandgebundene Fassadenbegrünungen lassen fast jede Art der Gestaltung zu und können sich an viele Fassadenformen anpassen. Die Planung mit bodengebundene Fassadenbegrünungen ist aber nicht weniger spannend. Auch hier sind mit verschiedenen Systemen optisch sehr ansprechende Fassadenbegrünungen umsetzbar.



Abb. 31 Mooswand (BuGG)



Abb. 32 Freistehende Grünwand (BuGG)



2.2 Fassadenbegrünungsformen

Auf dem Markt haben sich zwei Formen der Fassadenbegrünung etabliert (siehe auch FLL 2018). Boden- gebundene Fassadenbegrünungen, also mit Kletter- pflanzen, sind dabei am weitesten verbreitet. In den letzten Jahren kamen die optisch ansprechenden wandgebundenen Fassadenbegrünungen hinzu.

Klassische Lösungen

Bodengebundene Fassadenbegrünung

Die älteste und wohl bekannteste Form der Fassaden- begrünung sind bodengebundene Fassadenbegrü- nungen mit und ohne Kletterhilfen für Kletterpflanz- en. Sie benötigen den gewachsenen, ebenerdigen Boden um die Fassade zu erklimmen. Daher auch der Begriff der „Bodengebundenen Fassadenbegrünung“. Sie wird unterteilt in „Selbstklimmende Pflanzen“ und „Gerüstkletterpflanzen“. Bei Planungsbeginn sollte ein- kalkuliert werden, dass das Begrünungsziel abhängig von den gewählten Pflanzen erst nach einigen Jahren erreicht werden kann. Diese Art benötigt nur mit we- nigen Ausnahmen eine zusätzliche Bewässerung, z.B. wenn sich die Fassadenbegrünung im Regenschatten eines Gebäudes befindet. Ansonsten ist oftmals ein natürlicher Eintrag des Regenwassers ausreichend. Für den durchwurzelbaren Raum wird pro Pflanze ca. 1 m³ und eine Tiefe von mindestens 0,5 m empfohlen,

unabhängig davon, ob die Pflanze in gewachsener Erde oder einem Pflanzgefäß wachsen soll. Um diese Größen zu erreichen, muss ggf. der Straßen- oder Gehwegbereich zurückgebaut werden (FLL-Fassaden- begrünungsrichtlinien 2018).

Bodengebundene Fassadenbegrünung mit Selbstklimmern

Mit Hilfe von Haftwurzeln oder Haftscheiben sind be- stimmte Pflanzarten (z. B. Efeu und Wilder Wein) dazu in der Lage, sich eigenständig, d.h. ohne zusätzliche Kletterhilfe, an der Fassade bzw. Wand emporzuklim- men. Ein Vorteil, wenn man Kosten sparen möchte und trotzdem schnell eine grünen Flächenschluss haben wird. Leider sorgen genau diese Eigenschaf- ten dafür, dass die Fassadenbegrünung bei vielen in ein schlechtes Licht gerückt wird. Durch den Pflanz- wuchs kann es bei schlechter Planung dazu kommen, dass diese Wurzel- oder Haftscheibenausbildungen die Gebäudehülle stark beanspruchen. Darum sollten diese Pflanzenarten nur an Fassadenoberflächen zum Einsatz kommen, welche komplett intakt sind, keine offenen Fugen oder Löcher aufweisen und zudem die erhöhte Last der Pflanzen tragen können. Wärme- dämmverbundsysteme etwa sind nicht für selbstklim- mende Pflanzen geeignet (siehe auch Kap. 2.4.).



Abb. 33 Übersicht bodengebundene Fassadenbegrünung (BuGG)

Bodengebundene Fassadenbegrünung mit Kletterhilfen

Die bekannteste Bezeichnung für diese Arten sind „Gerüstkletterpflanzen“. Sie können also nicht, oder nur sehr schwer, ohne ein zusätzlich montiertes Pflanzgerüst wachsen. Unterschieden wird zwischen schlingenden, rankenden und spreizklimmenden Arten. Während sich Schlinger schraubenförmig an der Kletterhilfe nach oben bewegen, halten sich die sogenannten Ranker mit Blattstielen oder Sprossausbildungen am Gerüst fest. Die Spreizklimmer versuchen sich dagegen, mit der Ausbildung von langen Trieben und weiteren Seitentrieben, am Pflanzgerüst aufzulegen. Je nach verwendeter Pflanzenart muss die Kletterhilfe auf deren Ansprüche angepasst werden. Hierbei spielen vor allem das Gewicht, die Wuchskraft und die Wuchsart eine wichtige Rolle. Schlingende Pflanzen bevorzugen vertikale Systeme, bei Rankern eignen sich meist gitter- und netzartige Pflanzgerüste und Spreizklimmer bevorzugen waagerechte Strukturen. Die Pflanzgerüste werden sehr häufig in der tragenden Wand befestigt, daher ist besonders bei der Planung gedämmter Fassaden (z.B. WDVS) frühzeitig auf eine Implementierung der Fassadenbegrünung hinzuweisen.

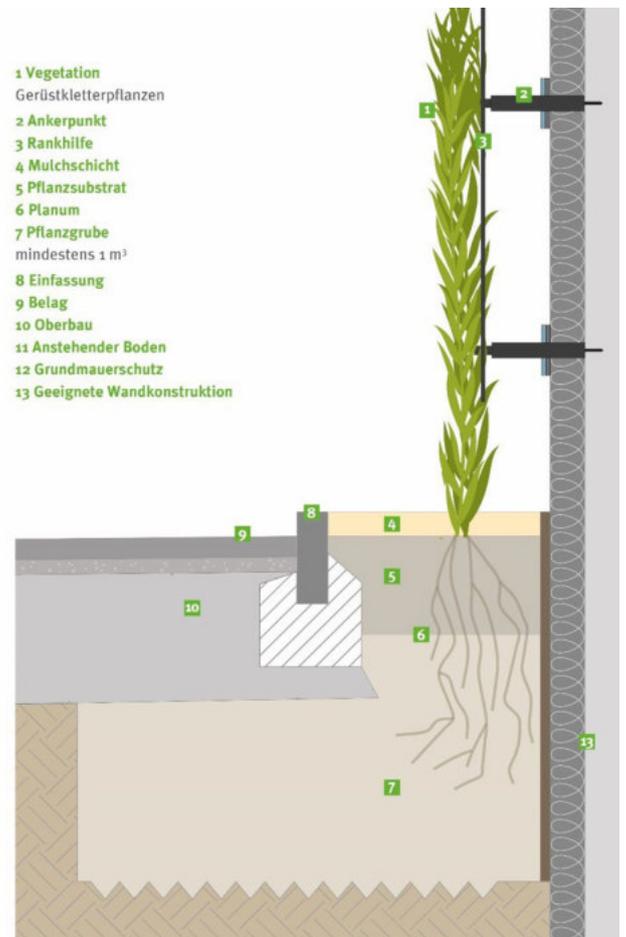


Abb. 34 Schnitt bodengebundene Fassadenbegrünung mit Kletterhilfe (BuGG)



Abb. 35 Mit Kletterhilfen klimmende, bodengebundene Fassadenbegrünung (BuGG)

Wandgebundene Fassadenbegrünung

Für wandgebundene Fassadenbegrünungen ist kein Anschluss zum gewachsenen Boden mehr notwendig. Dies begünstigt ihre flexiblen Einsatzmöglichkeiten, z.B. in innerstädtischen Straßenzügen, die meist keinen Platz für andere Arten der Begrünung lassen. Es handelt sich hierbei um vorgehängte hinterlüftete Fassaden. Daher bilden diese Systeme meist den Abschluss einer Fassade, wodurch andere Materialien, wie Metalle, Glas oder Faserzemente, eingespart werden.

Da es sich um eine sofortige Begrünung handelt, sorgen wandgebundene Fassadenbegrünungssysteme für eine mit der Installation einhergehend direkte positive Wirkung auf die Umgebung. Sie zeichnen sich zudem durch eine hohe Pflanzenauswahl und große Gestaltungsspielräume aus.

Über eine automatisierte Bewässerungsanlage wird die dauerhafte Begrünung (und Düngung) sichergestellt. Das Pflanzsystem und dessen Gestaltungsart bestimmt darüber hinaus die notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen. Diese sind im Regelfall höher als bei bodengebundenen Fassadenbegrünungssystemen. Das gilt auch für die Investitions- und Instandhaltungskosten. Es handelt sich um einen Extremstandort für die Pflanzen. Die Systeme bestehen daher aus mehreren Bauteilen, damit ein gutes Wachstum sichergestellt wird. Zusätzlich werden die Kosten durch das Begrünungsziel, die baulichen Gegebenheiten und die Bewässerungsart definiert.

Wandgebundene Fassadenbegrünungen unterscheidet grundsätzlich zwei Formen – Systeme, die aus Modulen bestehen und (flächige) Vliessysteme. Zusätzlich gibt es besondere Lösungen mit Gefäßen, welche linear, etagenweise je nach Pflanzenart mit und ohne Pflanzgerüst an der Fassade befestigt werden.

Aus Modulen bestehende, wandgebundene Fassadenbegrünung

Mit Hilfe von mehreren nebeneinander platzierten Modulen wird bei diesen Systemen die begrünte Fassade ermöglicht. Dafür werden die Module mit einer dahinterliegenden Unterkonstruktion befestigt. Dies hat den Vorteil einer schnellen Montage und Demontage der Fassadenbegrünung. Da viele Systeme vordefinierte Größen der Module haben, kann ggf. die gesamte Fassade begrünt werden.

Die Module können vorkultiviert geliefert werden, oder erst nach Einbau bepflanzt werden.

Aus Vlies bestehende, wandgebundene Fassadenbegrünung

Flächige, meist aus einem Vlies bestehende Fassadenbegrünungssysteme ermöglichen einen vollständigen Flächenschluss der zu begrünenden Fassade. Somit kann fast jede mögliche Wandgröße und -form begrünt werden.

Die Montage dieser Begrünungssysteme ist etwas schwieriger. Dementsprechend kann auch die Reparatur bei einem Schadensfall oder einer Demontage aufwändiger werden, als dies bei anderen wandgebundenen Systemen der Fall wäre.

In Regalbauweise bestehende, wandgebundene Fassadenbegrünung

Diese Art der Fassadenbegrünung wird als Kombination aus bodengebundener und wandgebundener Fassadenbegrünung gesehen. Die linearen Pflanzgefäße werden meist als wandgebundene Systeme etagenweise so übereinander platziert, dass den Pflanzen genügend Raum zum Wachsen gegeben wird. Werden Kletterpflanzen eingesetzt, müssen zusätzliche Pflanzgerüste montiert werden. Für die einzelnen Pflanzgefäße sind weitere Be- und Entwässerungseinrichtungen vorzusehen.



Abb. 36 Übersicht wandgebundene Fassadenbegrünung (BuGG)



Abb. 37 Wandgebundene Fassadenbegrünung mit Vlies (BuGG)



Abb. 38 Wandgebundene Fassadenbegrünung mit Modulen (BuGG)

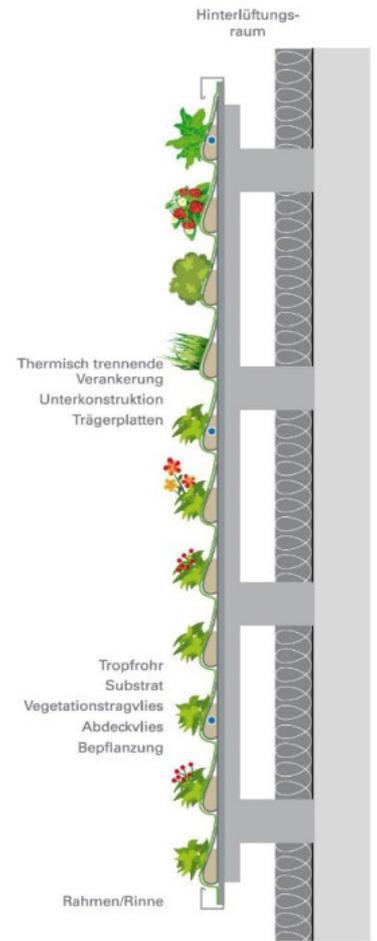


Abb. 39 Schnitt wandgebundene Fassadenbegrünung mit Vlies (BuGG)



Abb. 40 Wandgebundene Fassadenbegrünung mit Modulen (BuGG)



Abb. 41 Wandgebundene Fassadenbegrünung in Regalbauweise (BuGG)

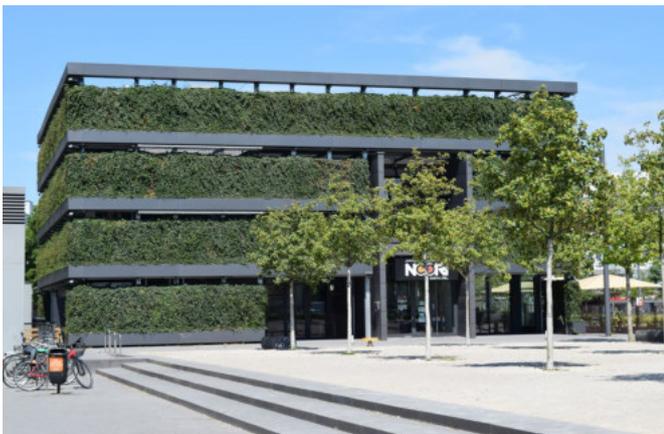


Abb. 42 Wandgebundene Fassadenbegrünung in Regalbauweise (BuGG)

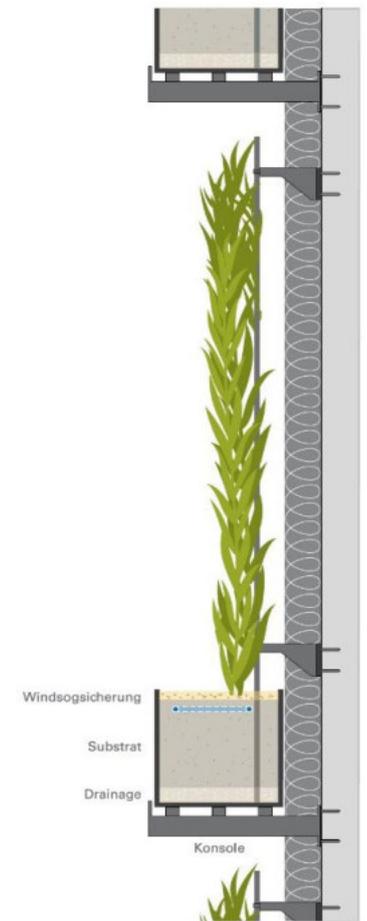


Abb. 43 Schnitt wandgebundene Fassadenbegrünung in Regalbauweise (BuGG)

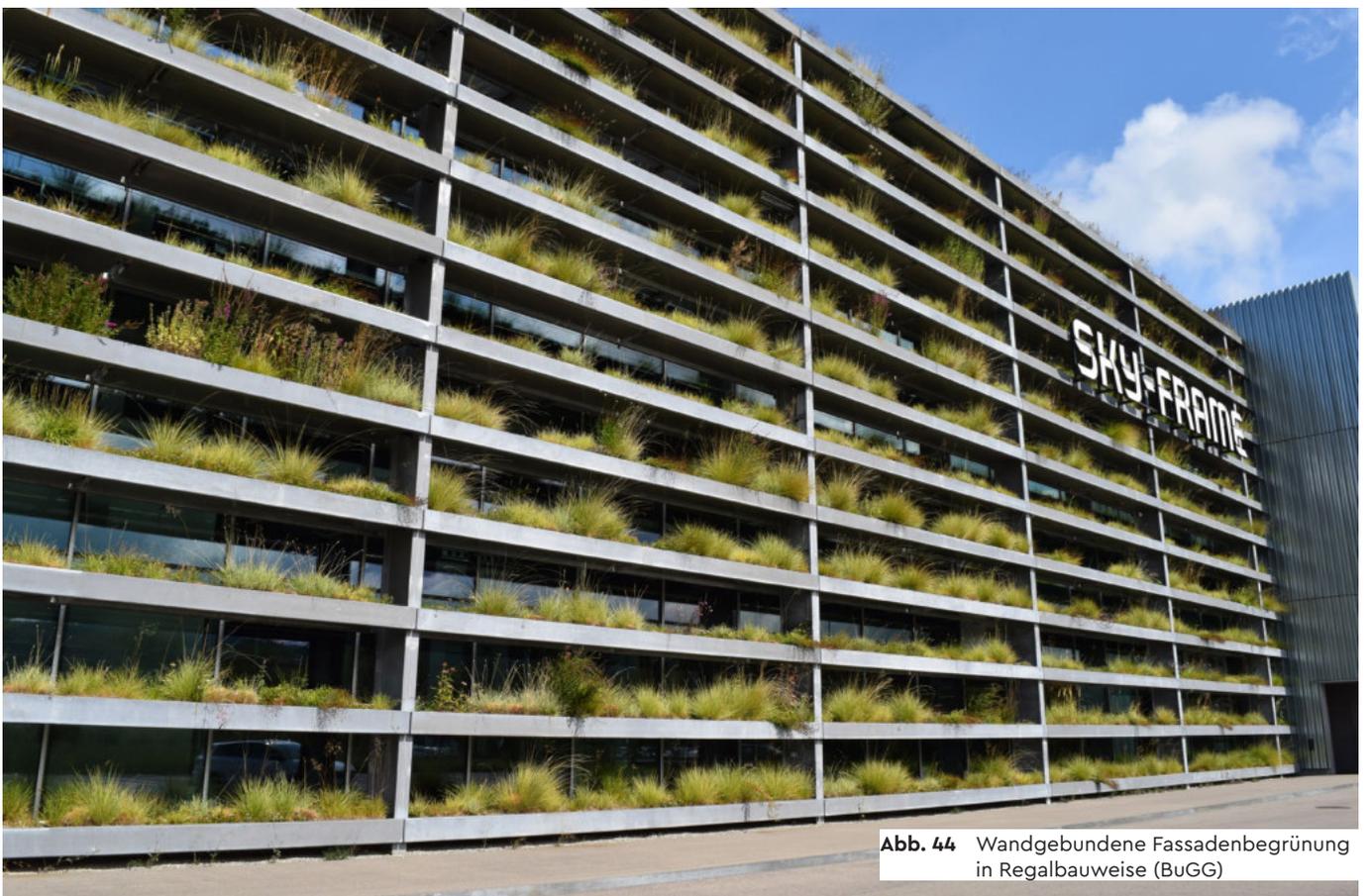


Abb. 44 Wandgebundene Fassadenbegrünung in Regalbauweise (BuGG)



2.3 Übersichtstabelle: Fassadenbegrünungsformen, deren Kostenrichtwerte und Einsatzbereiche in Abhängigkeit ihrer Wirkungen

Tab. 13 Fassadenbegrünung – Aufbau, Wirkungen, Einsatzbereiche, Eignung

	Bodengebunden ohne Kletterhilfe	Bodengebunden mit Kletterhilfe	Wandgebundene Begrünung	Regalbauweise
Vegetationsform	Gehölze, Stauden	Gehölze, Stauden	Stauden, Gräser, Farne	Gräser, Gehölze, Stauden
Pflegeaufwand**	+++	++++	++++	+++
Maximal-Gewicht* [kg/m ²] (im wassergesättigten Zustand)	170 – 2.230 kg/ Pflanze (2,3)	5 – 30 kg/m ² (1,2,3,4)	30 – 220 kg/m ² (2,3)	450 – 550 kg/lfdm (1,2,3,4)
Wirkungen**				
Verbesserung des Stadtklimas	+++	+++	++++	+++
Nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung	+++	+++	+++ / ++++	+++ / ++++
Förderung der Biodiversität	++	+++	++++	++++
Lärmminderung	++	++	+++	++
Zusätzliche Nutz- und Freizeitflächen	++	+++	+++	++
Energieeinsparungen	+++	+++	++++	++
Schutz der Gebäudehülle	++++	++++	++++	++++
Gestaltungselement	++	++++	++++	+++
Fortsetzung der Tabelle auf der nächsten Seite				

* Maximal-Gewicht

- 1 + Spannungszustände von Kletterhilfen: Temperaturwechsel/Dickenwuchs der Kletterpflanzen
- 2 + Windlast (abhängig von Polsterdicke und Exposition – erhöhte Windlast in Gebäuderand-/Eckbereichen)
- 3 + Gewichte aus Schnee, Eis (an Pflanze/Kletterhilfe/Konsole – abhängig von örtlichen Bedingungen)
- 4 + Spannungszustände von Kletterhilfen: Temperaturwechsel/Dickenwuchs

** + = niedrig bis ++++ = hoch (Beruht auf eigener Einschätzung/Erfahrung)

Fortsetzung Tab. 13

	Bodengebunden ohne Kletterhilfe	Bodengebunden mit Kletterhilfe	Wandgebundene Begrünung	Regalbauweise
Einsatzbereiche***				
Mehrfamiliengebäude	+	+	±	+
Bürogebäude	+	+	+	+
Hallen	-	+	±	±
Ein- und Zweifamilienhaus	+	+	+	+
Eignung auf Fassadenkonstruktionen***				
Massive Wandaufbauten	+	+	+	+
Ständer- und Fachwerkbauweise	-	±	±	-
Mehrschalige hinterlüftete Wandaufbauten	-	±	+	-
Mehrschalige, nicht hinterlüftete Wandaufbauten	-	+	±	±

*** + = geeignet, ± = bedingt geeignet, - = nicht geeignet (Beruht auf eigener Einschätzung / Erfahrung)

Die verschiedenen Fassadenkonstruktionen werden in Kap 2.4 erläutert.

Tab. 14 Fassadenbegrünung – Kostenrichtwerte

	Bodengebunden ohne Kletterhilfe	Bodengebunden mit Kletterhilfe	Wandgebundene Begrünung	Regalbauweise
Kostenrichtwerte (brutto)				
Einbaukosten 20 m² (Breite x Höhe)				
2 x 10 [€/m ²]	11 – 66	119 – 179	830 – 1.200	369
10 x 2 [€/m ²]	11 – 60	119 – 310	297 – 715	595
Pflegekosten				
2 x 10 [€/m ² /a]	5 – 72	18 – 54	18 – 24	23 – 54
10 x 2 [€/m ² /a]	5 – 42	18 – 30	18 – 24	23 – 54
Bewässerung [€]	1.785	1.785	7.140	/
Wartung der Bew. [€/a]	238	238	595	/
Einbaukosten 50 m² (Breite x Höhe)				
5 x 10 [€/m ²]	11 – 66	41 – 131	714 – 952	367
10 x 5 [€/m ²]	11 – 117	83 – 131	714 – 952	248
Pflegekosten [€/m ² /a]	14 – 54	14 – 36	14 – 48	36
Bewässerung [€]	1.785	1.785	7.438	/
Wartung der Bew. [€/a]	238	238	655	/
Fortsetzung der Tabelle auf der nächsten Seite				

Anmerkungen zu den Kostenrichtwerten:

Die angegebenen Werte sind unverbindliche Richtwerte zur ersten Orientierung! Die Herstellkosten hängen von vielen Faktoren ab, u. a. von Begrünungssystem, Bewässerungsstrategie, Flächengröße, Erreichbarkeit, Gebäudehöhe.

Fortsetzung Tab. 14

	Bodengebunden ohne Kletterhilfe	Bodengebunden mit Kletterhilfe	Wandgebundene Begrünung	Regalbauweise
Kostenrichtwerte (brutto)				
Einbaukosten 100 m² (Breite x Höhe)				
10 x 10 [€/m ²]	9 – 62	158	595 – 833	247
5 x 20 [€/m ²]	3 – 48	130	595 – 833	265
20 x 5 [€/m ²]	9 – 116	270	595 – 833	223
Pflegekosten [€/m ² /a]	11 – 40	11 – 27	11 – 34	27
Bewässerung [€]	2.025	2.025	7.735	/
Wartung der Bew. [€/a]	262	262	714	/
Einbaukosten 250 m² (Breite x Höhe)				
25 x 10 [€/m ²]	9 – 60	71 – 142	536 – 833	231
10 x 25 [€/m ²]	9 – 48	71 – 119	535 – 833	242
Pflegekosten [€/m ² /a]	9 – 24	9 – 15	9 – 24	22
Bewässerung [€]	2.380	2.380	8.925	/
Wartung der Bew. [€/a]	357	357	952	/

Anmerkungen zu den Kostenrichtwerten:

Die angegebenen Werte sind unverbindliche Richtwerte zur ersten Orientierung! Die Herstellkosten hängen von vielen Faktoren ab, u. a. von Begrünungssystem, Bewässerungsstrategie, Flächengröße, Erreichbarkeit, Gebäudehöhe.



2.4 Planungsgrundlagen Bau- und Vegetationstechnik

Fassadenkonstruktion

Um die Begrünungseignung der vorhandenen Fassade festzustellen, sind vor allem die Tragfähigkeit und die Oberflächenbeschaffenheit zu berücksichtigen. Damit die Fassade von der Begrünung keinen Schaden davonträgt, sollten möglichst keine Risse, Fugen oder Löcher vorhanden sein.

Bei Neuplanungen sollte von Beginn an die Planung der Fassadenbegrünung mit einbezogen werden. So können objektspezifisch die geeignetsten Systeme Anwendung finden (Pfoser 2016 & FLL-Fassadenbegrünungsrichtlinien 2018). Die Abbildung 49 zeigt die Begrünbarkeit der einzelnen Fassadenkonstruktionen nochmals detaillierter.

Massive Wandaufbauten

Massive Wandaufbauten werden gedämmt oder ungedämmt ausgeführt. Sie bestehen aus Mauerwerk, Natur- oder Kunststein, Beton oder Stahlbeton. Während gedämmte Wandaufbauten meist für beheizte Innenräumen angewendet werden, sind ungedämmte Massivwände besonders für Trenn-, Stütz- oder

Gartenmauern oder unbeheizte Gebäude, wie Garagen oder Lagerhäuser geeignet.

Da die notwendige Statik und Oberflächenbeschaffenheit gegeben ist, ist die Begrünung dieser Fassaden meist sehr unkompliziert. Bei der Beschichtung, beispielsweise durch Farben oder Harze muss darauf geachtet werden, dass diese biozidfrei sind.

Ständer- und Fachwerkbauweise

Auch diese Form der Fassadenkonstruktion kann ungedämmt, beispielsweise in einer Holzskelett- oder Metallskelettbauweise und gedämmt, etwa mit Sandwich-Paneelen oder als gedämmte Fachwerkwände, ausgeführt werden. Da die Elemente industriell mit systemspeziellen Maßen vorgefertigt werden, stehen alle statischen und bauphysikalischen Kriterien bei Fertigstellung schon fest. Dies lässt u.a. eine direkte Begrünung mit selbstklimmenden Pflanzen nicht zu. Zwischen der Fassade und der Begrünung muss eine Distanz bestehen. Die dann noch geeignete Fassadenbegrünungssysteme müssen an den statisch geeigneten Stellen der Fassade, d.h. z.B. an Pfosten oder Riegeln, montiert werden.

Fassadenbegrünungen: baukonstruktive und technische Voraussetzungen						
Bodengebundene Fassadenbegrünungen				Wandgebundene Fassadenbegrünungen		
Begrünungen mit Selbstklimmer		Begrünungen mit Gerüstkletterpflanzen			- Flächige Systeme - Modulare Systeme - Regalbauweise	
Massive Bauweise	Intakte Gebäudehülle	Ausreichende Statik	Intakte Gebäudehülle	Keine Beeinträchtigung der Gebäudedämmung	Ausreichende Statik	Hinterlüfteter Raum

Abb. 45
Fassadenbegrünung: baukonstruktive und technische Voraussetzungen (BuGG)

Mehrschalige hinterlüftete Wandaufbauten

Ein anderer Begriff für diese Fassadenkonstruktion ist „vorgehängt hinterlüftete Fassade“. Sie setzt sich aus einer tragenden Innenschale, einer Außenschale und einer dazwischenliegenden Dämmung mit einer Luftschicht zusammen.

Eine direkte Begrünung lässt das hohe Gewicht der selbstklimmenden Pflanzen auch hier nicht zu. Besser geeignet sind bodengebundene Systeme mit Pflanzgerüsten oder auch wandgebundene Fassadenbegrünungen. Dabei sollten Rissbildungen durch Druckspannungen des Begrünungssystems möglichst vermieden werden.



Abb. 46 Fassadenkonstruktion in massiver Bauweise mit Gerüstkletterpflanzen und Kletterhilfe in Gitterform (BuGG)

Mehrschalige, nicht hinterlüftete Wandaufbauten

Bei dieser Fassadenkonstruktion wird zwischen Bauweisen mit Kerndämmung und Wärmedämmverbundsystemen unterschieden. Erstere bestehen aus einer tragenden Innenschale und einer Außenschale mit einer dazwischenliegenden Dämmung ohne eine Luftschicht. Dagegen werden die Wärmedämmverbundsysteme außen an der tragenden Wand montiert. Handelt es sich um die Bauweise mit Kerndämmung, kann ggf. eine Begrünung mit Selbstklimmern stattfinden. Für Wärmedämmverbundsysteme ist dies nicht möglich. Hier können einige Hersteller von wandgebundenen und bodengebundenen Systemen mit Pflanzgerüsten passende Lösungen finden.



Abb. 47 Fassadenkonstruktion als WDVS-System mit Gerüstkletterpflanzen und Kletterhilfe als Seilsystem (BuGG)

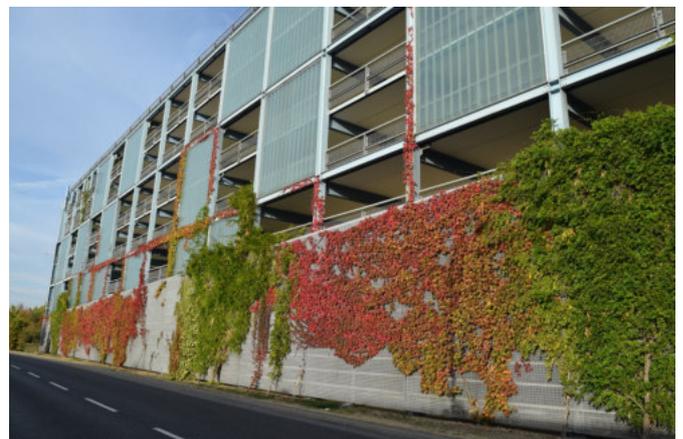


Abb. 48 Fassadenkonstruktion in Stahlbauweise mit Gerüstkletterpflanzen auf Gitterstruktur (BuGG)

Wandaufbau			Begrünung								
			Bodengebundene Begrünung				Wandgebundene Begrünung				
			Selbstklimmer	Gerüstkletterpflanzen			Nicht kletternde Begrünung				
				Wurzelkletterer / Haftschleibenranker	Schlinger / Winder	Ranker	Spreizklimmer	Stauden	Kleingehölze	Moose	
Ungedämmte Außenwände	Massive Wandaufbauten		Ortbeton- und Betonfertigteilwände / Sichtmauerwerk-Fassaden	±	+	+	+	+	+	±	
			Beton- und Mauerwerkswände mit Deckbelag	+	+	+	+	+	+	±	
	Ständer- und Fachwerk		Holzskelett- und Metallskelett-Bauweise	-	±	±	±	±	±	±	
			Lichtdurchlässige Außenhaut	Vorfassaden mit Glas- und Kunststoffelementen	-	±	±	±	±	±	
				Vorfassade als Folienkonstruktion	-	±	±	-	±	±	±
Gedämmte Außenwände	Massive Wandaufbauten		Wärmedämmbeton	±	±	±	±	±	±	±	
			Leichtbeton- oder porosiertes Ziegel-Mauerwerk	-	±	±	±	±	±	±	
			Beton- oder Mauerwerkswände mit Deckbelag	+	+	+	+	+	+	±	
	Ständer- und Fachwerkbauweise		Glas- oder Kunststofffassaden	-	+	+	+	±	±	±	
			Folienkissen-Konstruktion	-	±	±	-	±	±	±	
			Sandwichpaneele	-	+	+	+	+	+	+	
			Gedämmte Fachwerkwände / Pfosten-Riegelbauweise mit Strohlehmausfachung	-	+	+	+	+	+	±	
	Mehrschalige nicht hinterlüftete Wandaufbauten		Mit Kerndämmung	Außenschale aus Ortbeton oder Beton-Fertigteilen / Sichtmauerwerk-Außenschale	±	+	+	+	+	+	±
				Außenschale aus Mauerwerk oder Beton, zusätzliche Sichtbelegung	±	+	+	+	+	+	±
				Außenschale aus Mauerwerk oder Beton, zusätzlicher Außenputz	+	+	+	+	+	+	±
Mit Außen-dämmung		Wärmedämmverbundsystem (WDVS) auf tragender Wand	-	±	±	±	±	±	±		
		Transparente Wärmedämmung (TWD) vor wärmespeichernder Massivwand	-	±	±	±	±	±	±		
Mehrschalige hinterlüftete Wandaufbauten		Massive Außenschale aus Ortbeton oder Betonfertigteilen / Massive Außenschalen aus Sichtmauerwerk	±	±	±	±	±	±	±		
		Außenschalen aus Stein-, Holz- oder Holzwerkstoffen / Vorsatzschalen aus Metall, Kunststoff, Glas oder Verbundwerkstoffen	-	±	±	±	±	±	±		
		Verbundpaneele mit Photovoltaik	-	-	-	-	±	±	±		
		Folien-Vorfassaden	-	±	±	-	±	±	±		
		Gewerbe-Vorfassaden	-	-	-	-	±	±	±		

Abb. 49 Eignungsübersicht (gemäß FLL-Fassadenbegrünungsrichtlinien 2018) (BuGG)

Statik

Die Statik spielt eine wesentliche Rolle bei der Begrünung einer Fassade. Während bei Neubauten die Last der Fassadenbegrünung von Planungsbeginn an mitberücksichtigt werden kann, muss bei Bestandsgebäuden geklärt werden, ob die Last der geplanten Begrünung für die vorhandene Oberfläche ausreichend ist. Hersteller verschiedener Fassadenbegrünungssysteme führen dafür eine Berechnung zur Eignung des jeweiligen Systems durch. Einfluss auf die Last haben je nach System:

- das Eigengewicht des Begrünungssystems oder Pflanzgerüsts
- das Eigengewicht des Bewuchses (Holz, Laub und Früchte),
- Zusatzlasten durch Nässe, Schnee oder Eis,
- Winddruck und -sog,
- Materialeinfluss unter Einfluss von Temperatur und / oder Feuchte und
- Materialspannungen infolge von deformierendem Dickenwachstum der Pflanzen

Orientierungswerte zu den Gewichten der Fassadenbegrünungssysteme finden sich in Tabelle 13.

Verwehsicherheit/Windsog

Wind, der parallel zur Wand verläuft, belastet vor allem den Seitenrandbereich der Fassadenbegrünungen. Wind, der dagegen senkrecht auf die Fassade wirkt, ist vollflächig gleichmäßig. Selbstklimmende Pflanzen haben eine sehr großflächige Ausbreitung. Die Windlast ist hier eher gering einzuschätzen. Gerüstkletterpflanzen können sich dagegen nur so ausbreiten, wie es das Pflanzgerüst vorgibt. Die Dimensionierung der Befestigung der Pflanzgerüste gibt damit ausreichende Sicherheit gegen Abriss durch Wind. Jedoch gehören z.B. Seilkonstruktion zu den eher lastsensiblen Kletterhilfen, da diese oft große Abstände zwischen den Befestigungspunkten haben. Hier gilt eine besondere Planung, Ausführung und Wartung. Für wandgebundene Systeme gibt es herstellerabhängige Beratungen, ob eine Begrünung des jeweiligen Systems möglich ist und eine Höhenbegrenzung notwendig wird.

Entwässerung

Bodengebundene Fassadenbegrünungen benötigen keine weiteren Entwässerungseinrichtungen. Manche Bauvorhaben sehen jedoch vor das Überschusswasser des Daches zur Bewässerung der Fassadenbegrünung zu nutzen. Somit sind zusätzliche Entwässerungselemente, die eine Zwischenspeicherung des Wassers ermöglichen, mit einzuplanen.

Für wandgebundene Systeme und Sonderlösungen mit Pflanzgefäßen müssen aufgrund der automatischen Bewässerung systemspezifische Entwässerungseinrichtungen zur zielgerichteten Ableitung des Überschusswassers eingebaut werden.

Brandschutz

Fassadenbegrünungen inklusive aller Bauteile können brandschutztechnisch in den Gebäudeklassen 1-3 (< 7 m Gebäudehöhe) unbedenklich eingesetzt werden. Bei den Gebäudeklassen 4 und 5 müssen die Bauteile allerdings schon als „schwerentflammbar“ gelten. Einheitliche bauordnungsrechtliche Regelungen in Deutschland, wie mit Fassadenbegrünungen brandschutztechnisch umgegangen werden soll, existieren zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht (Engel & Noder 2020). Daher ist meist objektbezogen der Brandschutz zu klären.

Zugang/Absturzsicherung

Während des Einbaus und der Pflegegänge der Fassadenbegrünung muss die Absturzsicherung sichergestellt sein. Für den Einbau reicht dafür ein Gerüst aus. Mit zunehmender Höhe der Begrünung können für die Maßnahmen auch Hubsteiger oder Abseilssysteme vom Dach aus notwendig werden. An Arbeitsplätzen an Fassaden sind ab 1,00 m Absturzhöhe Absturzsicherungen erforderlich. Die technischen Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2121 – Gefährdungen von Personen durch Absturz – sind zum Schutz vor Absturz heranzuziehen.

Bewässerung

Bei bodengebundener Fassadenbegrünung sollte vorab die Notwendigkeit für eine zusätzliche Bewässerung geprüft werden. Befinden sich die Pflanzen im Regenschatten des Gebäudes ist eine Bewässerungsanlage gerade bei Jungpflanzen mit noch geringer Wurzelbildung sinnvoll. Gelangt genug Niederschlagswasser an die Pflanzen, kann auf die Bewässerung verzichtet werden. Dagegen gehören bei wandgebundenen Fassadenbegrünungen automatische Bewässerungsanlagen zum Gesamtsystem immer dazu. Für die Bewässerungsanlage sind dann meist frostfreie Räume notwendig. Die Systemanbieter empfehlen zudem eine EDV- und Internetbasierte Fernüberwachung. Des Weiteren sind Pflanzen, welche in Gefäßen wachsen, auch nur mit einer fachgerechten Bewässerung (z.B. mittels Tropfschläuchen) langfristig überlebensfähig.

Pflanzenauswahl

Die Pflanzenauswahl sollte den örtlichen Gegebenheiten entsprechen. Dazu gehören die Himmelsausrichtung, die vorhandene Fassadenkonstruktion, das geplante Pflanzgerüst und auch die wirtschaftlichen Aspekte hinsichtlich der späteren Instandhaltung. Um die passenden Pflanzen auszuwählen, sollte dies mit allen Parteien (Landschaftsarchitekten, Garten- und Landschaftsbaubetrieb, Pflanzenlieferanten und dem Systemanbieter) abgestimmt werden. Zu den bekannten Arten der bodengebundenen Fassadenbegrünung gehören u.a. Blauregen, Efeu, Geißblatt, Kletterhortensie, Kletterrose, Kletter-Spindelstrauch, Klettertrompete, Pfeifenwinde, Waldrebe und Wilder Wein. Für wandgebundene Begrünungssysteme haben sich insbesondere Bergenien, Geranien, Hainsimse, Immergrün, Johanniskraut, Spindelstrauch, Steinbrech, Streifen- und Schildfarne, Waldsteinien und Zwergmispel als geeignet erwiesen.



Abb. 50
Bodengebundene
Fassadenbegrünung mit
Selbstklimmer (BuGG)

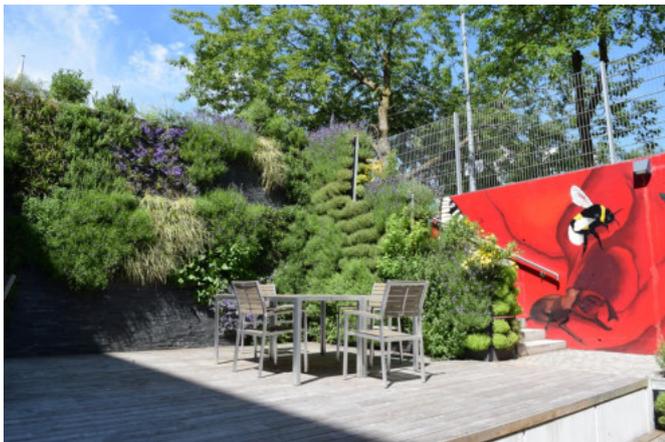


Abb. 51 Wandgebundene Fassadenbegrünung mit verschiedenen Gräsern, Stauden und Farnen (BuGG)

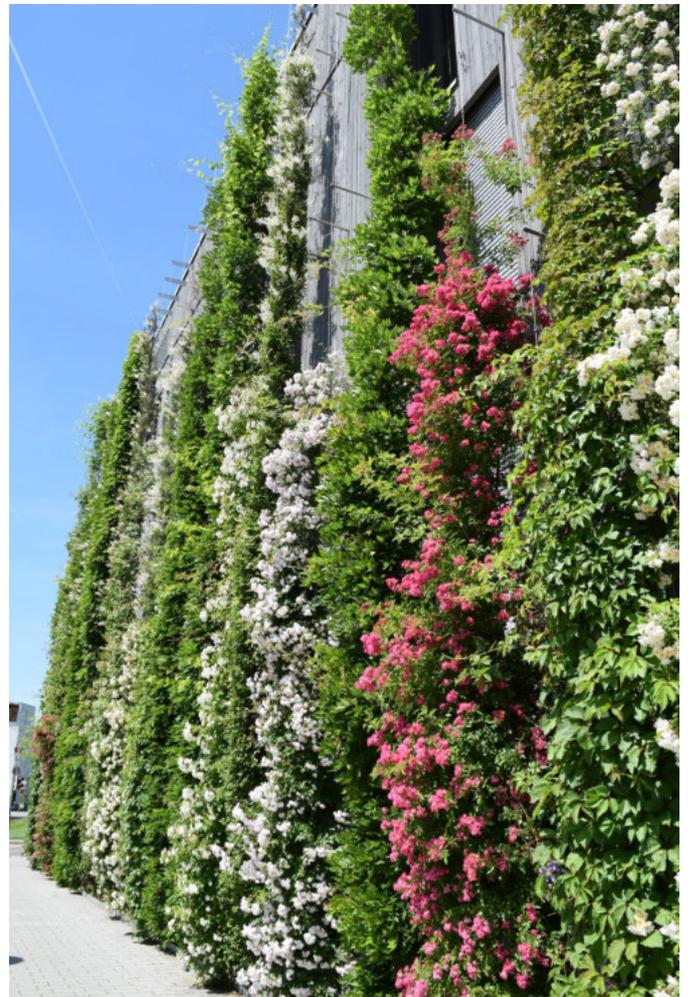


Abb. 52 Bodengebundene Fassadenbegrünung mit Kletterrosen (BuGG)

Tab. 15 Pflanzenliste Bodengebundene Fassadenbegrünung

Botanischer Name	Deutscher Name	Standort			Höhe [m]	Pflege			Blütezeit	Blütenfarbe
		○	◐	●		g	m	h		
Selbstklimmer										
Campsis x tagliabuana	Trompetenblume	x			4 – 5			x	7 – 9	orange
Euonymus fortunei	Spindelstrauch		x	x	3 – 6	x			/	/
Hedera helix	Efeu	(x)	x	x	20 – 25		x		9 – 10	grün-gelb
Hydrangea petiolaris	Kletterhortensie		x	x	10 – 15		x		6 – 7	weiß
Parthenocissus tricuspidata	Wilder Wein	x	x	x	12 – 20		x		6 – 7	grün-gelb
Gerüstkletterpflanzen										
Akebia quinata	Akebie	x	x		6 – 8		x		5	violettbraun & rosa
Aristolochia tomentosa	Pfeifenwinde	x	x	x	4 – 6	x			6 – 7	Grüngelb & purpurbraun
Clematis montana	Waldrebe	x	x		8 – 10			x	5 – 6	hellrosa
Fallopia baldschuanica	Knöterich	x	x		8 – 15			x	7 – 9	weiß
Jasminum nudiflorum	Winterjasmin	x	x		3 – 5	x			12 – 3	gelb
Lonicera caprifolia	Jelängerjelierer	x	x		4 – 6		x		5 – 7	gelblichweiß
Rosa i.S.	Kletterrose	x	x		2 – 6		x		6 – 10	sortenabhängig
Rubus henryi	Brombeere		x	x	2 – 4		x		6 – 8	weiß
Vitis vinifera	Echter Wein	x	x		8 – 10			x	/	/
Wisteria floribunda	Blauregen	x	x		8 – 12		x		4 – 6	violett

Tab. 16 Pflanzenliste Wandgebundene Fassadenbegrünung

Botanischer Name	Deutscher Name	Standort			Höhe [m]	Pflege			Blütezeit	Blütenfarbe
		○	◐	●		g	m	h		
Alchemilla mollis	Frauenmantel	x	x	x	30 – 60	x	x		6 – 7	grün – gelb
Bergenia cordifolia	Bergenie	x	x	x	25 – 40	x	X		4 – 5	dunkelrosa
Carex pendula	Hängende Segge		x	x	40 – 120		X		6 – 7	grünlichbraun
Dryopteris affinis	Goldschuppenfarn		x	x	50 – 100		x		/	/
Geranium	Wilder Wein	x	x	x	12 – 20		x		6 – 7	grün-gelb
macrorrhizum, Spessart	Balkan-Storchschnabel	x	x		20 – 30	x			5 – 7	weiß
Geranium	Pfeifenwinde	x	x	x	4 – 6	x			6 – 7	Grüngelb & purpurbraun
sanguineum	Blut-Storchschnabel	x	x		30 – 40	x			6 – 8	Rosa-rot
Hosta lancifolia	Lanzen-Funkie	x	x		20 – 60		x		7 – 8	violettblau
Heuchera micrantha	Purpurglöckchen	x	x		30 – 60	x	x		7 – 8	weiß
Lavandula officinalis	Echter Lavendel	x			40		x		6 – 8	violett
Luzula sylvatica	Wald-Hainsimse		x	x	20 – 60		x		5 – 6	braun
Nepeta x faassenii	Katzenminze	x	x		30 – 40		x		5 – 7	violett – blau
Phlox subulata	Polsterphlox	x			15		x		5 – 6	rosa
Sedum telephium	Hohe Fetthenne	x			50 – 70	x			9 – 10	rot
Thymus vulgaris	Thymian	x			25	x			6 – 7	Rosa – violett
Waldsteinia ternata	Teppich-Ungarwurz		x	x	10		x		4 – 5	gelb



2.5 Instandhaltung (Pflege und Wartung)

Die Pflegemaßnahmen müssen für bodengebundene Begrünungen etwa ein- bis zweimal jährlich durchgeführt werden. Dagegen ist die Instandhaltung von wandgebundenen Begrünungen deutlich aufwändiger. Die Häufigkeit der Pflegemaßnahmen hängt hier vom gewünschten Erscheinungsbild ab.

Die Pflege ist zwingend mit einzuplanen und ausführlich durch Pflege- und Instandhaltungsmaßnahmen aus- und zu zuschreiben. Dabei wird zwischen der zur Bauabwicklung gehörigen Fertigstellungspflege und der späteren Instandhaltungspflege (wodurch die Pflege über viele Jahre sichergestellt ist) unterschieden.

Pflegemaßnahmen für Fassadenbegrünungen

Bodengebundene Fassadenbegrünung

- Lockern und Säubern der Pflanzfläche
- Entfernen von unerwünschtem Fremdaufwuchs
- Wässern
- Düngen
- Kontrolle und ggf. erforderliche Ergänzung der Anbindung
- Schädlingsbekämpfung
- Freihalten der technischen Einrichtungen von Bewuchs
- Jährliche Kontrolle der konstruktiven Bauteile, insbesondere der Verankerung
- Ggf. Nachpflanzungen bei ausgefallenen Pflanzen
- Ggf. Inspektion und Wartung der Bewässerungsanlage, einschließlich Winterfestigkeit

Wandgebundene Fassadenbegrünung

- Jährliche Kontrolle der konstruktiven Bauteile, insbesondere der Verankerung
- Inspektion und Wartung der Pflanzgefäße
- Inspektion und Wartung der Bewässerungsanlage und Nährstoffversorgung, einschließlich Winterfestigkeit
- Inspektion und Wartung der Entwässerungseinrichtung
- Freischneiden von technischen Einrichtungen
- Wartung der Ver- und Entsorgungssysteme
- Entfernen von unerwünschtem Fremdaufwuchs
- Ggf. Nachpflanzungen bei ausgefallenen Pflanzen
- Schädlingsbekämpfung
- Ggf. Kontrolle der Fernwartung

3 Nachhaltigkeit bei Dach- und Fassadenbegrünungen

Gebäudebegrünungen sind ein wichtiger Baustein für eine nachhaltige Stadtplanung. Leider bestehen noch immer Vorurteile, was die ökologischen, ökonomischen und sozialen Gesichtspunkte betrifft. Nachfolgend soll daher u.a. eine Zusammenstellung zur Nachhaltigkeit von Dach- und Fassadenbegrünungen geschehen.

Nachhaltiges Bauen mit Dach- und Fassadenbegrünung

Um künftigen Generationen ein intaktes ökologisches, ökonomisches und soziales Gefüge hinterlassen zu können, muss beim nachhaltigen Bauen berücksichtigt werden, dass die wirtschaftlichen und sozialen Gesichtspunkte auch mit den Umweltgesichtspunkten einhergehen.

Somit ergeben sich auf die Beurteilungs- bzw. Bewertungsmaßstäbe der Nachhaltigkeit von Gebäuden die drei Schutzziele „Ökologie“, „Ökonomie“ und „Soziales und Kulturelles“.

Und wie steht die Gebäudebegrünung dazu? Im Anschluss werden dafür Argumente dargelegt, die die Nachhaltigkeit von Dach- und Fassadenbegrünungen belegen.

Ökologie und Gebäudebegrünung

- Gebäudebegrünungen sind eine anerkannte Minderungsmaßnahme bei der Eingriffs-Ausgleichsregelung.
- Gebäudebegrünungen sind ökologische Ausgleichsflächen und (Ersatz-) Lebensräume für Tiere.
- Je nach Begrünungssystem und Vegetationsform sind dauerhafte Lebensräume mit hoher Artenvielfalt bei der Flora und Fauna möglich (Mann 1998)

bzw. temporäre Rückzugsbiotope für Wildbienen, Schmetterlinge usw.

- Verwendung finden Gebäudebegrünungssysteme mit einer ausgeglichenen Ökobilanz. D.h. es werden zumeist Produkte natürlichen Ursprungs- bzw. aus Recyclingmaterial und einem dezentralen Substratkonzept gewählt, auch um die Transportwege zu minimieren.
- Die Ökobilanz von Gebäudebegrünungen ist positiv (vgl. Seite 52 - 53).

Ökonomie und Gebäudebegrünung

- Gebäudebegrünungen rentieren sich kostenspezifisch früher oder später (vgl. Seite 49 - 51).
- Mögliche Kosteneinsparungen neben einer direkten Förderung von Gebäudebegrünungen sind:
 - der Schutz der Gebäudehülle vor äußeren Einflüssen, wie Spitzentemperaturen, Wind- und Witterungseinflüssen und UV-Strahlung, wodurch die Lebensdauer der Dachabdichtung verlängert wird,
 - die Wärmedämmleistungen im Winter und Hitzeschild im Sommer, wodurch Energie eingespart wird,
 - die Anrechnung als Minderungsmaßnahme bei der Eingriffs-Ausgleichs-Regelung,
 - die Entlastung der Kanalisation aufgrund des Wasserrückhaltes von Dachbegrünungen, wodurch sich Einsparungspotentiale bei der Rohr- & Kanaldimensionierung oder bei Regenrückhaltebecken & Zisternen ergeben,
 - die Gebührenminderung bei der gesplitteten Abwassersatzung.
- Gebäudebegrünungen steigern den Wohnwert.
- Bei der Kombination mit Photovoltaik steigt der Ertrag der Photovoltaikanlagen.

Soziales und Kulturelles und Gebäudebegrünung

- Durch die Verdunstungskühlung ergibt sich eine Verbesserung des Umgebungsklimas (Kühlung und Luftbefeuchtung) und sorgt damit für eine erhöhte Lebensqualität in der Stadt.
- Die Verbesserung der Luftschalldämmung und die gute Schalladsorption der Begrünung sorgt für eine geringe Lärmbelastung innerhalb der Stadt.
- Die Filterung von Luftschadstoffen und Feinstaub sorgt für die Verbesserung der Luft.
- Begrünte Gebäudeoberflächen sorgen für die Aufwertung des Stadtbildes.
- Begehbare Dachbegrünungen (Dachgärten) bieten zusätzliche Wohn- und Nutzflächen und tragen damit zur Verbesserung des Arbeits- und Wohnumfeldes bei.

Zum nachhaltigen Bauen mit Dach- und Fassadenbegrünungen gehört es natürlich auch, dass ein fachgerechter Einbau und eine fachgerechte Pflege und Wartung der Begrünung über viele Jahre vorgenommen wird. Nur so kann sichergestellt werden, dass die Begrünung ihren Zweck erfüllt.

Kosten-Nutzen-Betrachtung von Dach- und Fassadenbegrünung

Innerhalb mehrerer Kosten-Nutzen- und Lebenszykluskostenbetrachtung wurden insbesondere für die Dachbegrünung alle Kosten von Investition, Nutzen und Instandhaltung zusammengefasst und hinsichtlich der Amortisationszeit des Systems einander gegenübergestellt. Die Tabelle 17 beschreibt die Ergebnisse.

Es zeigt sich, dass sich Dachbegrünungen rechnen – es ist nur eine Frage der Zeit und Umstände. Über alle Untersuchungsergebnisse hinweg (ausgenommen Lietke 1998 und Pfoser PV-Untersuchung 2013) konnte eine Einsparung von etwa 0,50 €/m² im Jahr über den berechneten Zeitraum durch die Dachbegrünung im Gegensatz zu den unbegrünten Dachvarianten ermittelt werden. Oftmals wurde der Vergleich mit einem Kiesdach angesetzt. Herangehensweisen und betrachtete Objekte der verschiedenen Autoren sind jedoch im Hinblick auf die Kosten so unterschiedlich, dass sich die Ergebnisse nur bedingt



Abb. 53 Sport und Spiel auf dem Dach (BuGG)



Abb. 54 Urban-Farming-Dächer als zusätzliche Flächen für den Nutzpflanzenanbau (BuGG)

miteinander vergleichen lassen. Dennoch ist der Grundtenor, dass sich Dachbegrünungen über ihre Lebenszeit durchaus positiv rechnen. Die Investitions- und Instandhaltungskosten von Gründächern liegen immer höher als diese von unbegrünten Dächern. Allerdings zeigen die Untersuchungen auch auf, dass die hohen Anfangskosten der Dachbegrünungssysteme durch die längere Lebensdauer der Dachabdichtung und damit verringerten Sanierungsmaßnahmen und die weiteren zusätzlichen Einsparungen, u.a. durch direkte und indirekte Förderungen, amortisiert werden können.

Die aussagekräftigste Untersuchung ist diese von Pfoser et al. (2013). Hier wurde eine Kosteneinsparung für ein 1.000 m² großes Gründach im Vergleich zu einem Kiesdach von 2 €/m² über einen Zeitraum von 50 Jahren errechnet. Und obgleich das Ergebnis schon positiv ist, fand die Berücksichtigung der weichen Faktoren (Einsparung durch Verdunstungskühlung, CO₂-Bindung und Feinstaubbindung) und wichtiger Einsparpotenziale, z. B. durch Förderungen, hier noch nicht einmal statt.

Tab. 17 Deutschsprachige Kosten-Nutzen- und Lebenszykluskostenbetrachtungen von Dachbegrünungen (BuGG)

Autor	Veröffentlichung	Objektgröße in m ²	Zeitraum in Jahren	Gesamteinsparung in €/m ²	Gesamteinsparung in €/m ² /a	Vergleich mit
Hämmerle	1995	2.750	36	≈ 21,92	≈ 0,61	unbegrüntem Dächern
Manschek	1997	6.000	30	≈ 17,4	≈ 0,58	Kiesdach
Kolb (extensiv)	1997	/	40	≈ 6,2	≈ 0,16	Kiesdach
Kolb (intensiv)	1997	/	40	≈ 50,4	≈ 1,26	Kiesdach
Hoffmann & Fabry	1998	≥ 400	75	≈ 103,5	≈ 1,38	Kiesdach
Krupka (mehrschicht)	2001	1.500	40	≈ 10,16	≈ 0,25	Kiesdach
Krupka (einschicht)	2001	1.500	40	≈ 11,7	≈ 0,29	Kiesdach
Ansel	2009	100	40	≈ 13,45	≈ 0,34	Kiesdach
Pfoser	2013	1.000	50	2	0,04	Kiesdach
Pfoser (mit PV)	2013	1.000	50	-68	-1,36	Kiesdach (mit PV)
Stadt Hamburg	2017	1.000	40	2,52	0,06	Bitumendach

Weitere Untersuchungen, die das Thema Kosten-Nutzen behandelten:

- Lietke, 1998: 30.000 m² mit Gesamteinsparung von rund 6,54 €/m²/a
- Hämmerle, 2002: 1.000 m² mit Gesamteinsparung von rund 0,7 €/m²/a
- Mann, 2003: Zusammenfassung und Auswertung der Herangehensweisen bei Kosten-Nutzen-Betrachtungen
- Feller, 2017: Allgemeine Auswertung begrünter Dächer in München im Vergleich zu Kiesdächern



Abb. 55 Vergleich Grün- und Kiesdach (BuGG)



Abb. 56 Vergleich PV-Dach und Solar-GrüGDach (BuGG)

Dettmar et al. (2016) wurde erstmals eine Vergleichsaufstellung zu verschiedenen Kostenfaktoren unterschiedlicher Fassadenbegrünungssysteme aufgestellt. Besonders ins Auge fällt, dass die Gesamtkosten der Systeme neben den systemspezifischen Baukosten auch stark von der vertikalen Größe, der Zugänglichkeit während des Baus und der Pflege, der Pflanzenauswahl und -dichte und der ggf. vorhandenen Nährstoff- und Bewässerungsanlage abhängig sind. In Kapitel 2.3 werden die im Rahmen des Gutachtens recherchierten Kostenrichtwerte für Fassadenbegrünungen präsentiert.

In der oben genannten Studie wurden zudem folgende Einsparpotenziale genutzt:

- mögliche Substitution der Gebäude-Sichtfassade
- mögliche Substitution von Sonnenschutzfolien oder technischen Verschattungssystemen
- Einsparung einer durch die Begrünung verringerten Heiz- und Kühlenergie
- ggf. Wartung technischer Verschattungssysteme

Der Vorgang, wie die Kostenwerte für die Einsparpotenziale ermittelt wurden, ist nicht bekannt.

Die Untersuchung ergab, dass die Instandhaltungskosten für bodengebundene Begrünungssysteme durch die Einsparpotenziale amortisiert werden können. Bei kostengünstigem Fassadenbegrünungssystemen werden auch die Investitionskosten wieder ausgeglichen.

Wandgebundene Systeme schaffen es trotz ihrer zahlreichen positiven Wirkungen dagegen leider nicht, bzw. nur in seltenen Fällen, die deutlich höheren Baukosten ohne eine zusätzliche Förderung wieder auszugleichen. Durch die verschiedenen Einsparpotenziale können sich jedoch die Pflege- und Wartungskosten dieser Systeme amortisieren (Dettmar et al. 2016).

Ökobilanz von Dach- und Fassadenbegrünung

Innerhalb einer Ökobilanz wird über die gesamte Lebensdauer eines Produktes, Verfahrens oder Dienstleistung analysiert, wie hoch dessen Umweltauswirkungen sind. Demnach sollte natürlich auch die Dach- und Fassadenbegrünung eine positive Ökobilanz aufweisen. Für Gründächer wurden bereits Ökobilanzierungen aufgestellt, die nachfolgend kurz beschrieben werden.

Obgleich Fassadenbegrünungen insgesamt mehr CO₂ binden (ca. 2,3 kg/m²) als extensive Dachbegrünungen wurden diese hinsichtlich der Ökobilanzierung

noch nicht bewertet. Dettmar et al. (2016) gehen jedoch davon aus, dass aufgrund der „Kohlenstoffspeicherung (ober- und unterirdischer Pflanzteile), Sauerstoffproduktion, Reduktion des Heiz- oder Kühlbedarfs im Gebäude, Filterung von Feinstäuben und Bauteilschutz (Verlängerung der Lebensdauer von Fassaden) die Begrünung in Summe einen wichtigen Betrag zur Verbesserung der Ökobilanz eines Gebäudes leistet“.

Eine umfassende Untersuchung zur Ökobilanz von Dachbegrünungen wurde 2013 durchgeführt. Die nachstehende Abbildung 57 beleuchtet diese.

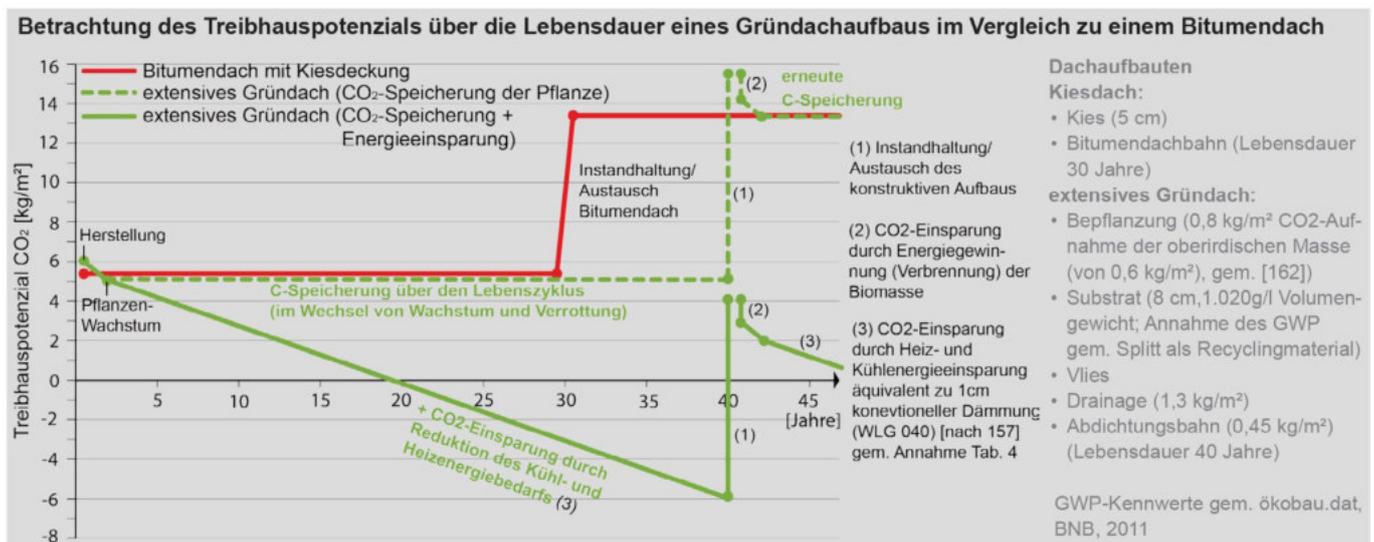
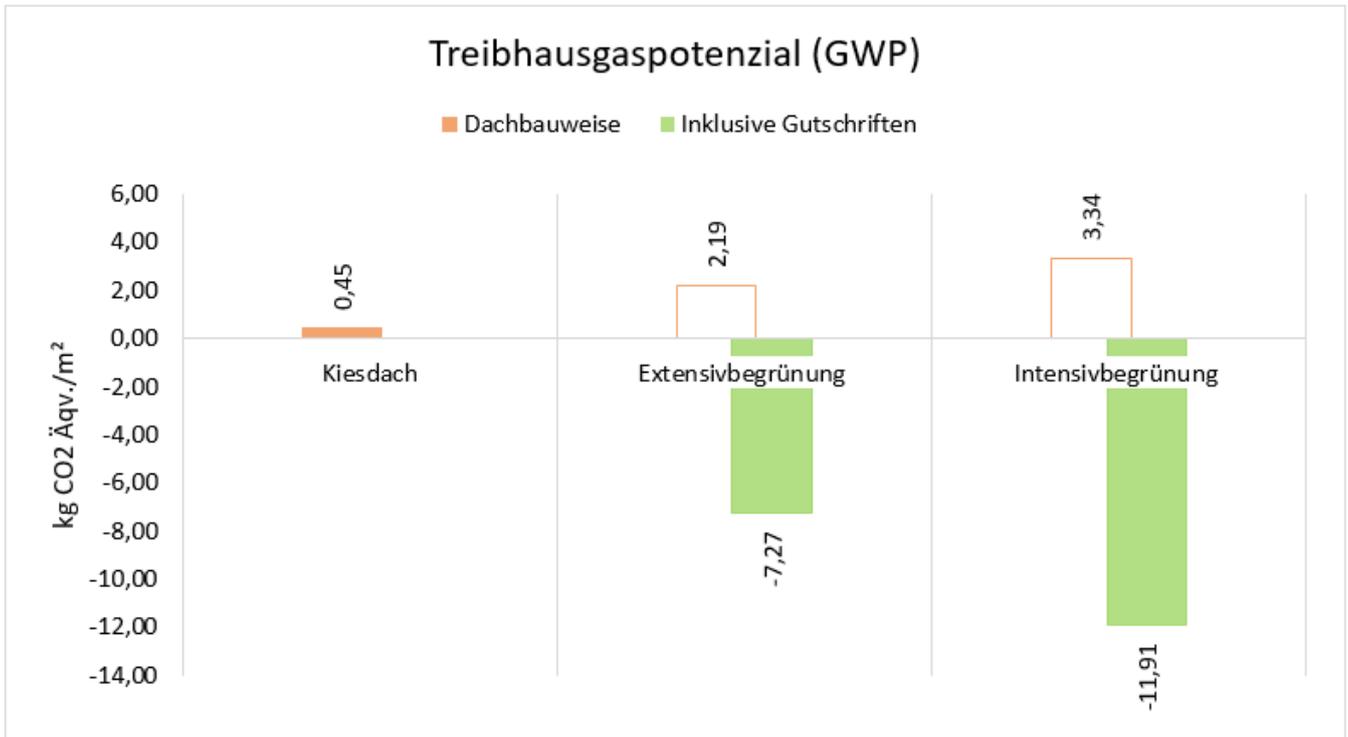


Abb. 57 Betrachtung des Treibhauspotenzials über die Lebensdauer eines Gründachaufbaus im Vergleich zu einem Bitumendach (Pfooser et al 2013)

Bei dieser Studie wurde die Lebenszeit einer extensiven Dachbegrünung auf 40 festgelegt. Als Vergleich wurde ein Kiesdach herangezogen, welches eine Lebensdauer von nur 30 Jahren aufweist. Da die Materialaufwendungen beim Kiesdach geringer sind, ist auch das Treibhauspotenzial (= Maßzahl für den relativen Beitrag einer chemischen Verbindung zum Treibhauseffekt) bei diesem zunächst kleiner als beim Gründach. Durch die Energieeinsparungen und die CO₂-Speicherung der Vegetation verringert sich das Treibhauspotenzial bei der Extensivbegrünung jedoch deutlich. Dieser Effekt kommt bei einem unbegrüntem Dach nicht zum Tragen. Vor allem die längere Lebensdauer des begrüntem Daches und die Einsparungen bei der Heiz- und Kühlenergie haben hier großen Einfluss auf die positive Ökobilanz. (Pfooser et al. 2013) Eine weitere Untersuchung wurde 2020/2021 (Quelle BBSR, unveröffentlicht) mit Hilfe des Ökobilanzie-

rungstools eLCA des Bundesinstituts für Bau- Stadt- und Raumforschung (BBSR) durchgeführt, bei der das Treibhausgaspotenzial zwischen einem Kiesdach, einer typischen, mehrschichtigen extensiven Begrünung und einer intensiven Dachbegrünung erneut über einen Bilanzierungszeitraum von 40 Jahren betrachtet wurde. Die Abbildung 58 stellt dafür zunächst das Treibhauspotenzial der drei Bauweisen dar und verdeutlicht anschließend die Gutschriften durch die CO₂-Speicherung und die Energieeinsparungen. Bei der Anlage der Dächer zeigt sich zunächst wieder ein geringeres Treibhausgaspotenzial des Kiesdaches im Vergleich zu den begrüntem Varianten. Jedoch wird durch die Berücksichtigung der Gutschriften das Treibhausgaspotenzial der Extensivbegrünung (-7,27 kg CO₂ Äqv./m²) und Intensivbegrünung (-11,91 kg CO₂ Äqv./m²) gegenüber dem Kiesdach stark verringert.



- Systemgrenze: Dachabdichtung bzw. Wurzelschutzbahn bis inklusive Substratschüttung. Dachunterkonstruktion mit Voranstrich und Vegetation außerhalb der Systemgrenzen
- Bilanzierungszeitraum: 40 Jahre
- Lebensdauer Baustoffe: 50 Jahre; Drän- und Wasserspeicherelement: 40 Jahre
- Kiesschüttung: 5 cm; Substratschüttung: Extensiv: 10 cm; Intensiv: 20 cm
- Vegetation: Extensiv: Sedum (0,9 kg CO₂ Äqv./m²); Intensiv: Stauden (2,4 kg CO₂ Äqv./m²)
- Annahme Heizenergieeinsparung Extensiv/Intensiv: 0,5/1,0 kWh/m²a; Kühlenergieeinsparung Extensiv/Intensiv: 0,283/0,300 kWh/m²a
- Annahme CO₂-Äqv. für Erdgas: 0,201 CO₂-Äqv. kg/kWh; für den dt. Strommix: 0,401 CO₂-Äqv. kg/kWh
- Funktionelle Einheit: 1 m²

Abb. 58 Treibhausgaspotenzial inklusive Gutschriften
(Quelle: S. Fischer für BBSR, unveröffentlicht)

Zusammenfassung

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen auf, dass Dach- und Fassadenbegrünungen nachhaltig sind und sich auch finanziell rechnen (können). Gebäudebegrünungen sorgen nicht nur dafür, dass die Gebäudehülle vor Witterungseinflüssen geschützt wird und sich die Lebensdauer des Gebäudes verlängert, sondern sie sind anerkannte Klimawandelanpassungsmaßnahmen. Sie tragen durch ihre vielfältigen Wirkungen zu einer verbesserten Aufenthaltsqualität innerhalb der Stadt bei. Sie verbessern das urbane Klima, entlasten die Kanalisation durch Regenwasserrückhalt, optimieren die städtische Baulandschaft, schaffen weitere soziale Rückzugsräume und Grünflächen in der Stadt und somit auch neue Gebiete zur Steigerung der Biodiversität. Und all das noch in einem ökologisch, ökonomisch und sozial sinnvollem Rahmen. Damit gehören Dach- und Fassadenbegrünungen ohne Zweifel zu den Konzepten eines nachhaltigen Bauens.

Vor allem die Tendenz zu nutzbaren Intensivbegrünungen mit Freizeit- und Verkehrsflächen ist spürbar. Diese bieten nicht nur zusätzlichen „Wohnraum“, sondern dienen vor allem auch als generationsübergreifende Begegnungsstätten. Das Reizvolle für Investoren – der Baugrund für diese zusätzlichen Nutzflächen ist kostenlos, denn die Fläche wurde ja bereits ebenerdig bezahlt. Und stellt man die Grundstückspreise in Städten dem entgegen, sind die Kosten intensiver Dachbegrünungen bei weitem geringer als die Kosten eines neuen Bauplatzes.

Und trotzdem sollten Gebäudebegrünungen nicht in erster Linie aus kostenspezifischer Sicht betrachtet werden. Denn warum sollte sich Grün rechnen? Ohne das Grün sind Mensch und Tier so gut wie nicht überlebensfähig. Dach- und Fassadenbegrünungen erzielen diese vielen positiven Effekte, die sich leider nicht alle in Zahlen ausdrücken lassen. Es handelt sich hierbei um eine der wichtigsten Komponenten für ein besseres Stadtklima. Gerade deshalb sollte Gebäudebegrünung viel mehr ein Standard für die Umsetzung einer nachhaltigen Stadtplanung werden.



Abb. 59 Dach- und Fassadenbegrünung an einem Wohngebäude (BuGG)

4 Hemmnisse und Vorurteile zur Umsetzung von Dach- und Fassadenbegrünung

Verschiedene Hemmnisse und Vorurteile bremsen derzeit eine noch schnellere und großflächigere Verbreitung von Dach- und Fassadenbegrünung aus.

Viele dieser Hemmnisse oder Hürden lassen sich allerdings schnell entkräften. Nachfolgend sollen die bekanntesten Hemmnisse und Vorurteile behandelt werden.

1. Mechanische Schäden an der Gebäudehülle

Vorurteil:

Durch die Dach- und Fassadenbegrünung entstehen Schäden an der Gebäudehülle.

Entkräftung:

- Dach- und Fassadenbegrünungen sorgen bei fachgerechter Umsetzung und Pflege und Wartung für kein höheres Schadenspotenzial an den Gebäudehüllen. Tatsächlich dient Gebäudebegrünung viel mehr als Schutz des Gebäudes vor äußeren mechanischen Beschädigungen.
- Bei Dachbegrünungen wird vor allem die Dachabdichtung weniger beansprucht, da sie den Temperaturextremen, UV-Strahlen und Immissionen nicht mehr unmittelbar ausgesetzt wird. Dies hat eine längere Haltbarkeit zur Folge.
- Auch Fassadenbegrünungen schützen die Fassaden vor direkter Sonneneinstrahlung und Schlagregen und sorgen so für eine längere Lebensdauer der Fassade.
- Ein weiterer Synergieeffekt ist das Fernbleiben von Graffiti und Schmierereien an den Fassaden.
- Die Begrünung kann der Gebäudehülle nur schaden, wenn nicht-richtlinienkonforme Produkte verwendet werden und kein fachgerechter Einbau erfolgt und in Einzelfällen die Pflege vernachlässigt wird.

Vorbeugungsmaßnahmen Dachbegrünung

Schäden an der Dachabdichtung könnten nur durch Wurzeln und Rhizome der Pflanzen entstehen. Deshalb müssen wurzelfeste Dachabdichtungen verwendet werden. Die jährlich aktualisierte BuGG-WBB-Liste „Wurzelfeste Produkte für begrünte Dächer“ listet die für Dachbegrünungen geeigneten Dachabdichtungen und Wurzelschutzbahnen auf. Dachdurchdringungen (also Durchbohrungen der Dachhaut) sind bei Dachbegrünungen nicht notwendig. Rhizombildende Pflanzen (Bambus, Schilf) sollten nicht verwendet werden.

Vorbeugungsmaßnahmen Fassadenbegrünung

Mechanische Schäden durch Fassadenbegrünungen können durch Selbstklimmer (z.B. Efeu) geschehen, wenn diese am falschen Untergrund eingesetzt werden. Für selbstklimmende Pflanzen muss die Oberfläche möglichst Löcher- und Fugenlos sein. Dadurch wird unterbunden, dass die Pflanzen nicht darin einwachsen und die Wand aufreißen können.

Schadfälle durch Wurzeln am Gebäudesockel sind bisher keine bekannt. Als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme kann ein ausreichend tiefer Grundmauerschutz/Abdichtung entlang der Fassade erfolgen. Bekannte Schäden von Fassadenbegrünungen sind Anhebungen von Pflaster auf unzulänglichem (zu dünnem oder zu feuchtem) Unterbau oder um zu kleine Pflanzgruben. Zur Vorbeugung können diese vergrößert werden. Die Empfehlung gemäß FLL-Fassadenbegrünungsrichtlinie sind 0,5 m² pro Pflanzloch.

2. Nachträglicher Einbau

Vorurteil:

Bestandsgebäude können nicht mit einer Dachbegrünung ausgestattet werden, weil die Statik nicht ausreichend ist.

Entkräftung:

- Viele Bestandsgebäude können auch nachträglich noch mit einer Begrünung ausgestattet werden. Dafür müssen die notwendige Statik (mindestens etwa 80 – 100 kg/m²) und die Wurzelfestigkeit sichergestellt sein.

3. Belästigung durch "Ungeziefer"

Vorurteil:

Aufgrund der Begrünung tritt vermehrt Ungeziefer im Gebäude auf.

Entkräftung:

- In ihren natürlichen Lebensräumen, also innerhalb der Begrünung, fühlen sich die Insekten und Kleintiere (z. B. Mäuse und Vögel) viel wohler als im Innenraum. Das heißt, mit mehr natürlichen Rückzugsräumen verirren sich auch weniger Tiere in die Innenräume.
- Innerhalb der Forschungslandschaft existieren keine wissenschaftlichen Belege, die das erhöhte Vorkommen von Insekten und Kleintieren im Innenraum durch das Vorhandensein von Gebäudebegrünungen bestätigen.
- Dem Bundesverband GebäudeGrün e. V. ist kein Fall von Kleintierbefall im Gebäude bekannt, der auf die vorhandene Gebäudebegrünung zurückzuführen ist.
- Unabhängig der oben genannten Entkräftungen können weitere Vorbeugungsmaßnahmen gegen einen Befall von Insekten und Kleintieren im Innenraum getroffen werden

Vorbeugungsmaßnahmen Dachbegrünung

Gegebenenfalls könnten durch Dachöffnungen und Dachzugänge Insekten versehentlich in den Innenraum gelangen. Mögliche Vorbeugungsmaßnahmen sind:

- Wenn ein Kiesdach nachträglich aufgetragen werden kann, ist auch eine einfache Extensivbegrünung möglich. Das typische Kiesdach mit 5 cm Auflage wiegt etwa 80 – 90 kg/m² und kann durch eine gleich schwere Dachbegrünung ersetzt werden.

- Erhöhte Pflegemaßnahmen an den Dachöffnungen.
- Breitere Ausbildung des ohnehin vorzusehenden Kiesstreifens. Alternativ können in den Bereichen an den Dachöffnungen auch Plattenbeläge ausgelegt werden, um so keinen Rückzugsort für Insekten zu ermöglichen.
- Soweit möglich Insektenschutzgitter an den Öffnungen.

Vorbeugungsmaßnahmen Fassadenbegrünung

Der Eintritt von Insekten und Kleintiere ins Gebäudeinnere ist bei Fassadenbegrünungen etwas höher einzuschätzen. Um dies zu unterbinden können folgende Maßnahmen getroffen werden:

- Fassadenbegrünungen mit gewissem Abstand zu den Fensteröffnungen begrünen und im Rahmen von Pflegemaßnahmen den Abstand erhalten.
- Wandgebundene oder bodengebundene Fassadenbegrünung (hier mit Kletterhilfen) mit größerem Abstand zur Fassade montieren, womit kein direkter Kontakt zwischen Begrünung und Fassadenoberfläche entsteht.
- Mäuse und andere Kleintiere können sich nur am Boden unter der Begrünung verstecken. Um dies nicht zu ermöglichen, sollte der Bewuchs direkt über dem Boden eingedämmt werden (Lebenswichtige Pflanzarme sind zu erhalten).
- Zusätzliche Insektenschutzgitter an Fenstern und Türen anbringen.

4. Giftige Pflanzen

Vorurteil:

Einige der zum Einsatz kommenden Pflanzenarten bei Dach- und Fassadenbegrünung sind giftig.

Entkräftung:

- Nur eine geringe Anzahl an Pflanzenarten, die bei Dach- und Fassadenbegrünung Anwendung finden, sind giftig. Grundsätzlich sind bei der Planung einer Dach- und Fassadenbegrünung von zugänglichen Bereichen (wie z. B. in Straßenzügen, Schulen, Kindergärten, Dachgärten) ungiftigen Pflanzen zu verwenden.
- Extensive Dachbegrünungen sind nicht öffentlich zugänglich, d. h. das Vorhandensein giftiger Pflanzen ist als nicht gefährlich anzusehen. Die charakterisierenden Pflanzen von Extensivbegrünungen (z. B. Sedum) sind ungiftig!
- Auf begehbaren Intensivbegrünungen ist objektbezogen zu vereinbaren, ob giftige Pflanzen vorhanden sein dürfen.
- Die meisten Kletterpflanzen sind ungiftig! Dennoch sollten folgende giftige Kletterpflanzen primär an Schulen und Kindergärten vermieden werden: Hedera (Efeu), Euonymus (Spindelstrauch) und Lonicera (Geißblatt).
- Wandgebundenen Fassadenbegrünungen bieten die Möglichkeit, auch giftige Pflanzen einzusetzen. Diese Pflanzen sollten jedoch in Höhen angebracht werden, die ohne Hilfsmittel nicht erreichbar sind.

5. Allergieauslösende Pflanzen

Vorurteil:

Einige der zum Einsatz kommenden Pflanzenarten bei Dach- und Fassadenbegrünung sind allergieauslösend.

Entkräftung:

- Wie bei anderen Vegetationsformen auch, können auch manche Pflanzenarten von Dach- oder Fassadenbegrünungen durch Pollen oder auch direkten Kontakt allergische Symptome hervorrufen. Zur Verminderung können allergikerfreundliche Pflanzen für die Begrünung genutzt werden.
- Allergische Symptome können während der Pflege der Begrünung aufgrund des direkten Kontaktes mit den Pflanzen auftreten. Um keine allergiebedingten Hautkrankheiten hervorzurufen, ist für Allergiker prinzipiell darauf zu achten, Handschuhe und hautabdeckende Kleidung zu tragen und sich nicht ins Gesicht zu fassen. Des Weiteren ist zu empfehlen, die Pflege möglichst nach Regenschauern durchzuführen, da die Pollenbelastung geringer ist.
- Um die Pollenbelastung zudem möglichst niedrig zu halten, können die Pflanzen mit Wasser besprengt werden.
- Die typischen Pflanzen für Extensivbegrünungen (z. B. Sedum) stellen für Menschen im Regelfall keine Probleme dar.
- Auf begehbaren Intensivbegrünungen ist objektbezogen zu vereinbaren, ob allergieauslösende Pflanzen vorhanden sein dürfen. Des Weiteren sollte darauf geachtet werden, dass sich allergieauslösende Arten nicht ausbreiten.
- Abhängig vom Einsatzbereich und der Zugänglichkeit gilt es bei Fassadenbegrünungen möglichst Pflanzen zu vermeiden, die allergieauslösend sind (z. B. Hopfen).
- Pollenschutzgitter an Fensteröffnungen können unterstützend angebracht werden.

6. Pflanzgerüste als Einbruchshilfe

Vorurteil:

Die Pflanzgerüste/Kletterhilfen von Fassadenbegrünungen sind eine Kletter- und Einbruchshilfe.

Entkräftung:

- Der Großteil der Kletterhilfen ist nur auf das Gewicht der Pflanzen ausgelegt und ist „Kletterhilfe“ für Pflanzen und nicht für Menschen.

Vorbeugungsmaßnahmen zur kletterfreien

Umsetzung

- Kletterhilfen als Einzelstrukturen anordnen, z. B. Seilsysteme verwenden.
- Gitter oder andere kletterbare Strukturen der Fassadenbegrünung möglichst weit oben an der Fassade anbringen, sodass sie nicht erreichbar sind. Die Pflanzen werden dann händisch oder über Stricke zum Pflanzgerüst geleitet.
- Fassadenbegrünungen, bei denen Kletterhilfen notwendig sind, nur an Fassaden ohne Öffnungen (z.B. Fenster) anbringen, die als Einstiegsmöglichkeit dienen könnten.
- In Schulen, Kindergärten und anderen öffentlichen Bereichen ist darauf zu achten, dass die Pflanzgerüste nicht erreicht werden können.

7. Fassadenbegrünung an Wärmedämmverbundsystemen

Vorurteil:

Fassadenbegrünungen an Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) funktionieren nicht.

Entkräftung:

Die Begrünung von Wärmedämmverbundsystemen ist möglich. Lediglich selbstklimmende Pflanzen dürfen aufgrund ihres hohen Gewichts nicht auf WDVS angebracht werden. Für die Kletterhilfen von Gerüstkletterpflanzen sind mittlerweile herstellerabhängig spezielle Verbundanker verfügbar, die auch die Begrünung von WDVS-Systemen zulassen.

5 Anwendungsfälle der Dach- und Fassadenbegrünung

In diesem Kapitel werden folgende Anwendungsfälle für eine Dach- und Fassadenbegrünung beschrieben:

- A Gewerbliche Hallen/Einzelhandel
- B Parkdecks
- C Geschosswohnungsbau

Dabei werden die Möglichkeiten der Begrünung aufgezeigt und die individuellen Erfordernisse dargelegt. Beispiele unterstützen die schriftliche Darstellung.

A Gewerbliche Hallen/Einzelhandel

These: Die Statik von großen Industriehallen (Bestand) lässt eine Nachrüstung von Dachbegrünung nicht zu und führt zu unverhältnismäßig hohen Kosten.

Hallen werden sehr häufig aus Fertigteilen realisiert. Diese werden vorgefertigt zur Baufläche gebracht und dort kraftschlüssig miteinander und der Bodenplatte verbunden. Da möglichst wenig Material verbraucht werden soll, sind Lastreserven kaum noch vorhanden. Eine Begrünung, gerade bei Bestandsgebäuden, ist dann nur noch sehr schwierig zu realisieren. Hallenhersteller benötigen daher von Planungsbeginn die Vorgabe, wie viel Lastreserve für die Begrünung vorhanden sein muss. Für einfache extensive Dachbegrünungen sind in etwa 80 – 100 kg/m² notwendig.

Die genauen Mehrkosten zwischen unbegrünter Halle und begrünter Halle sind bisher nicht bekannt.

Ähnlich verhält es sich bei Hallen in Leichtbauweise (Trapezblechdächer) mit oftmals großen Spannweiten. Hier lässt die Statik in der Regel keine zusätzliche Begrünung zu.

Dennoch sind folgende Varianten in Erwägung zu ziehen und zu prüfen:

- Lastreserven über tragenden Wänden, Randbereiche usw.
- Womöglich hat das oftmals angeschlossene Verwaltungsgebäude höhere Lastreserven und es lässt sich dort eine höherwertige Dachbegrünung umsetzen
- Installation einer Fassadenbegrünung anstelle einer Dachbegrünung

Grundsätzlich zu beachten und prüfen sind: Statik (Gründachaufbau), wurzelfeste Dachabdichtung, Absturzsicherung (zumindest Einzelanschlagpunkt für eine Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz).

Statische Nachrüstungen sind selten bzw. nur mit hohem Kostenaufwand möglich.

Der Aufwand für die Erreichung der Wurzelfestigkeit hält sich in Grenzen, vor allem dann, wenn eine Reparatur oder Sanierung der Dachabdichtung ansteht. Zu beachten dabei ist, ob dann auch die Wärmedämmung ergänzt bzw. ausgetauscht werden muss. Die angeführte Absturzsicherung kann durch ein auflastgehaltenes System relativ einfach umgesetzt werden.



Abb. 60 Beispiel aus Stuttgart: an einer mit Trapezblech verkleideten Hallenwand wurde eine bodengebundene Fassadenbegrünung mit Kletterhilfen installiert. (BuGG)



Abb. 61 Beispiel aus Stuttgart: Die gitterförmige Kletterhilfe der bodengebundenen Fassadenbegrünung ermöglicht eine flächige Begrünung in der Vertikalen. (BuGG)



Abb. 62 Nachträgliche extensive Dachbegrünung bei der Fa. Reckhaus in Bielefeld: „Streifenförmige“ Begrünung, vermutlich über einer Stützmauer. (BuGG)



Abb. 63 Nachträgliche extensive Dachbegrünung bei der Fa. Reckhaus in Bielefeld: Das aufgebrauchte Totholz wertet die Begrünungsstreifen ökologisch auf. (BuGG)

B Parkdecks

These: Die Fassaden von Parkdecks sind für eine Begrünung nicht geeignet.

Fassadenbegrünungen an Parkdecks

Fassaden von Parkdecks lassen sich auf verschiedene Art begrünen. Oftmals eignen sich bodengebundene Fassadenbegrünungen mit Gerüstkletterpflanzen dafür.

Je nach Fassade können die Pflanzen in ebener Erde oder von Pflanzgefäßen aus wachsen. Auch die statischen Anforderungen sind je nach Begrünungssystem und Pflanzenauswahl unterschiedlich. Auch wandgebundene Fassadenbegrünungen in „Regalbauweise“, die ihre Last nicht zwingend auf die Fassade/Wand übertragen müssen, sondern dies auch in den gewachsenen Boden können, können geeignete Lösungen sein.

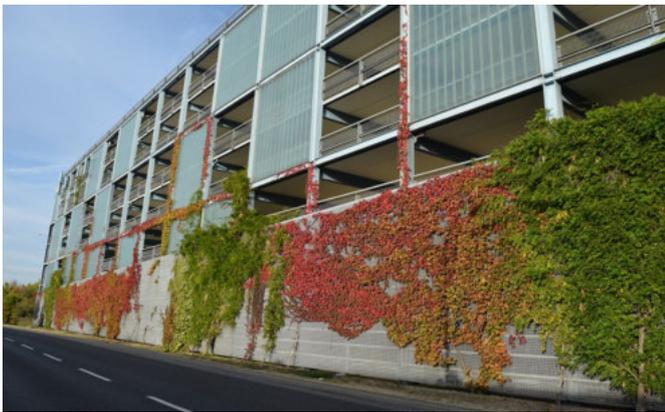


Abb. 64 Beispiel aus Frankfurt .M. mit bodengebundener Fassadenbegrünung und Selbstkletterern. (BuGG)



Abb. 65 Messeparkhaus München, wo Kletterhilfen in Form von Gittern installiert wurden, um die bodengebundene Fassadenbegrünung zu führen. (BuGG)



Abb. 66 Parkhaus in Heppenheim: Eine bodengebundene Fassadenbegrünung, die mittels Edelstahlnetz geleitet wird und eine Kletterhilfe findet. (BuGG)



Abb. 67 Wandgebundene Fassadenbegrünung in „Regalbauweise“ aus Stuttgart, bei dem die Konstruktion selbsttragend bzw. lastabtragend in den Boden ohne Fassadenkontakt steht. (BuGG)



Abb. 68 Musikhaus Klier in Nürnberg: Die Fassade des Parkhauses wurde nachträglich begrünt. Kletterhilfen sind in Form von Gittern angebracht. (BuGG)



Abb. 69 Musikhaus Klier in Nürnberg: Auf einer Parkdeckebene wurden Pflanzgefäße eingebaut und Öffnungen in der Fassade geschaffen. (BuGG)

Dachbegrünungen auf Parkdecks

Fassaden von Parkdecks lassen sich auf verschiedene Art begrünen. Oftmals eignen sich bodengebundene Fassadenbegrünungen mit Gerüstkletterpflanzen dafür. Je nach Fassade können die Pflanzen in ebener Erde oder von Pflanzgefäßen aus wachsen. Auch die statischen Anforderungen sind je nach Begrünungssystem und Pflanzenauswahl unterschiedlich.

Auch wandgebundene Fassadenbegrünungen in „Regalbauweise“, die ihre Last nicht zwingend auf die Fassade/Wand übertragen müssen, sondern dies auch in den gewachsenen Boden können, können geeignete Lösungen sein.



Abb. 70 Beispiel aus Berlin: Nachträgliche Nutzung des obersten Parkdecks als Kinderspielplatz. (BuGG)



Abb. 71 Beispiel aus Berlin: Da die Statik begrenzt war, musste Kunstrasen verlegt werden und nur an bestimmten Stellen konnten Pflanzgefäße gestellt werden. (BuGG)



Abb. 72 Musikhaus Klier in Nürnberg: Auf dem obersten Parkdeck des bestehenden Parkhauses wurde nachträglich eine begrünte und begehbare Fläche mit Spieleinrichtungen für eine Kita angelegt. (BuGG)

C Geschosswohnungsbau

These: Die Statik von kiesfreien Dachflächen im Geschosswohnungsbau lässt eine Nachrüstung von Dachbegrünung nicht zu.

Zunächst muss ein Statiker herangezogen werden. Dieser kann anhand der vorhandenen Pläne des Gebäudes aussagen, ob das Tragwerk eine Begrünung zulässt. Ist dies nicht der Fall, so ist eine Nachrüstung der benötigten Statik nur bedingt und mit Mehrkosten möglich. Eine Nachrüstung der Standsicherheit sollte idealerweise dann stattfinden, wenn die Dachabdichtung ohnehin saniert bzw. die Wärmedämmung der aktuellen Wärmeschutzverordnung angepasst werden muss.

Lasten, die „eingespart“ werden können sind Kies und mehrere Lagen alter, übereinander verlegter Dachabdichtung, die gegen eine einlagige wurzelfeste Dachabdichtung ersetzt werden kann.

Siehe auch Meyer, H. (2020): Dachbegrünung von Bestandsgebäuden. Masterarbeit Hafencity Universität Hamburg, der wie folgt zitiert wird:

„[...] Obwohl es bei jedem Dach einer individuellen Prüfung der statischen Gegebenheiten bedarf, kann anhand der Baualtersklasse und der Zuordnung zu einem Gebäudetyp eine Aussage getroffen werden, wie gut und mit welchem Aufbau das Dach vermutlich begrünt werden kann. Für Gebäude, die ab 1960 entstanden sind, lässt sich die Aussage ableiten: Umso neuer ein Dach desto besser begrünbar. Die Potenzialanalyse von Gebäuden der zentralen Stadtviertel von Hamburg veranschaulicht, wo Potenziale in Abhängigkeit der Baualtersklassen zu finden sind. Rund die Hälfte der vorhandenen Flachdächer in dem Untersuchungsgebiet bietet Potenzial für eine Begrünung. Da nahezu die Hälfte der betrachteten Objekte nach 1970 entstanden ist, wird auf vielen der potenziellen Dachflächen auch eine einfach intensive oder intensive Dachbegrünung möglich sein. [...]“

Zu beachten und prüfen sind neben der Statik auch die wurzelfeste Dachabdichtung und die Absturzsicherung.

Der Aufwand für die Erreichung der Wurzelfestigkeit hält sich in Grenzen, vor allem dann, wenn eine Reparatur oder Sanierung der Dachabdichtung ansteht. Zu beachten dabei ist, ob dann auch die Wärmedämmung ergänzt bzw. ausgetauscht werden muss. Die angeführte Absturzsicherung kann durch ein auflastgehaltene System relativ einfach umgesetzt werden.

Bei Neuplanungen, die nachträglich eine Begrünung erhalten sollen, ist es wichtig die Statik von Beginn an die Lasten der Dachbegrünung im wassergesättigten Zustand anzupassen. Bei Wohn- und Bürogebäuden in Massivbauweise (Stahlbeton, Mauerwerk) mit Spannweiten von etwa 5-6 m fallen lediglich Mehrkosten für den benötigten Betonstahl an. Diese liegen bei einer extensiven Dachbegrünung mit 10 cm Aufbau etwa 1,10 €/m² und bei einem Intensivgründach mit 30 cm Aufbau bei ca. 9,20 €/m².

Quellen

- Ansel, Wolfgang; Baumgarten, Heiner; Dickhaut, Wolfgang; Kruse, Elke; Meier, Reimer, 2011: Leitfaden Dachbegrünung für Kommunen. Nürtingen, S. 74-75
- Appl, Roland; Mann, Gunter, 2012: Gründächer und Dachgärten. Manfred Köhler. Handbuch Bauwerksbegrünung. Planung – Konstruktion – Ausführung. Köln
- Connelly, M.; Hodgson, M., 2008: Thermal and Acoustical Performance of Green Roofs. Sound Transmission Loss of Green Roofs. Baltimore
- DIN 1986-100: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke (12/2016).
- Dettmar, Jörg; Pfoser, Nicole; Sieber, Sandra, 2016: Gutachten Fassadenbegrünung – Gutachten über quartiersorientierte Unterstützungsansätze von Fassadenbegrünungen für das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MKUNLV) NRW. Darmstadt
- Engel, Thomas; Noder, Julia, 2020: Begrünte Fassaden aus brandschutztechnischer Sicht. Bautechnik. München
- Feller, Stefan, 2017: Kosten-Nutzen-Betrachtung von Dachbegrünungen. GebäudeGrün 4/2017. Berlin, S. 4-8
- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL), 2018: Dachbegrünungsrichtlinien – Richtlinien für Planung. Bonn
- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL), 2018: Fassadenbegrünungsrichtlinien. Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Wand- und Fassadenbegrünungen. Bonn
- Freie und Hansestadt Hamburg, 2017: Ökonomische Lebenszyklusbetrachtung. Hamburgs Gründächer – Eine ökonomische Bewertung. Hamburg, S. 16-17.
- Gorbachevskaya, Olga; Herfort, Susanne, 2013: Feinstaubbindungsvermögen der für Bauwerksbegrünung typischen Pflanzen. Berlin
- Hämmerle, Fritz, 1995: Kosten-Nutzen-Analyse einer extensiven Dachbegrünung. Dach+Grün, S. 2-5
- Hämmerle, Fritz, 2002: Kosten und Nutzen von Dachbegrünungen
- Herfort, Susanne.; Tschuikowa, S; Ibanez, A., 2012: CO₂-Bindungsvermögen der für die Bauwerksbegrünung typischen Pflanzen. Berlin
- Heusinger, J.; Weber, S., 2013: Untersuchung mikroklimatischer Aspekte von Dachbegrünungen mittels Messung und Modellierung. Braunschweig
- Hoffmann, Thomas; & Fabry, Wolfgang, 1998: Regenwassermanagement – natürlich mit Dachbegrünung. Bad Honnef, S. 24-27
- Köhler, Manfred; Kaiser, Daniel; Wolff, Fiona, 2018: Regenwassermanagement mit bewässerten Gründächern zur Gebäudeklimatisierung sowie zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität. Neubrandenburg

- Köhler, Manfred; Malorny, Winfried, 2009: Wärmeschutz durch extensive Gründächer. Europäischer Sanierungskalender
- Köhler, M.; Barth, G.; Brandwein, T.; Gast, D.; Joger, H.; Vowinkel K.; Seitz, U., 1993: Fassaden- und Dachbegrünung, Ulmer (Stuttgart) 329 S. ISBN 3-8001-5064-6.
- Kolb, W., 1987: Abflussverhältnisse extensiv begrünter Flachdächer. Zeitschrift für Vegetationstechnik
 Kolb, Wolfgang, 1997: Dachbegrünung rechnet sich. DEGA Garten- und Landschaftsbau, S. 1029-1031
- Krupka, Bernd W., 2001: Zur Wirtschaftlichkeit von Dachbegrünungen. In: Krupka, Bernd W.: Extensive Dachbegrünungen – Praxisempfehlungen und Kostenbetrachtungen. Aachen, S. 76-80
- Lietke, Dirck, 1998: Wirtschaftlichkeit von Dachbegrünung bei Gewerbebauten. Herne
- Mann, Gunter, 2020: BuGG-Fachinformation Biodiversitäts Gründach – Grundlagen, Planungshilfen, Praxisbeispiele. Berlin
- Mann, Gunter; Mollenhauer, Felix, 2020: BuGG-Fachinformation „Solar-Gründach“ – Basisinformationen, Planungshinweise, Praxisbeispiele. Bundesverband GebäudeGrün e.V., Berlin
- Manschek, Eckehard, 1997: Erfahrungen mit extensiven Dachbegrünungen bei der staatlichen Hochbauverwaltung. Bau intern, S.111-112
- Pfoser, Nicole. Fassade und Pflanze – Potenziale einer neuen Fassadengestaltung. s.l. : Dissertation, TU Darmstadt, 2016.
- Pfoser, Nicole; Jenner, Nathalie; Henrich, Johanna; Heusinger, Jannik; Weber Stephan, 2013: Gebäude Begrünung Energie – Potenziale und Wechselwirkungen. Darmstadt
- Schmidt, Marco, 2014: Fassadenbegrünung zur Primärenergieeinsparung durch Gebäudeverschattung und -kühlung. Jahrbuch Bauwerksbegrünung
- Schröder, F-G, 2009: Automatisierte, biologische, senkrechte, städtische Fassadenbegrünung mit dekorativen funktionellen Parametern. Dresden
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2010: Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung. Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung, Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung. Berlin