



## 5. Technische Rahmenbedingungen

© TubeSolar AG, o.J.

Im folgenden Abschnitt werden die technischen Rahmenbedingungen eines PV-Dachgartens im Detail beleuchtet. Das Dokument stellt den Stand der Technik zum Zeitpunkt der Erstellung dar.

Bei der Planung des PV-Dachgartens sollen neben dem vorliegenden Leitfaden auch die aktuellen Gesetze, Normen und Richtlinien Beachtung finden.

### 5.1 Allgemeine Bauwerkseigenschaften

PV-Dachgärten können auf unterschiedlichsten Flächen errichtet werden. Die Struktur eines PV-Dachgartens stellt in jedem Fall eine statische Mehrbelastung des Gebäudes dar. Daher muss die Planung und Dimensionierung eines Dachgartens von fachkundigen Expert\*innen ausgeführt werden. Als besonders essenzielle Kriterien für die erfolgreiche Umsetzung können die Dachneigung bzw. Dachform und die mögliche Auflast genannt werden.

#### 5.1.1 Gebäude mit Schrägdächern und einer Neigung > 10%

Klassische Schrägdächer mit großer Dachneigung, wie sie oft bei Altbauten und Gründerzeitgebäuden zu finden sind, stellen für die Errichtung von PV-Dachgärten die größten Hürden dar. Der Bau ist üblicherweise nur mit aufwändigen Umbauarbeiten möglich. Normgerechte Dachzüge müssen geschaffen werden. Der Umbau vom Schräg- zum Flach-

dach bedingt meistens eine statische Betrachtung des gesamten Bauwerks bis hin zur Fundamentierung. Üblicherweise kommt die Errichtung eines PV-Dachgartens auf einem ehemaligen Schrägdach mit großer Neigung nur dann in Frage, wenn zum Beispiel ohnehin ein Dachbodenausbau oder eine Aufstockung vorgesehen wird.

### 5.1.2 Gebäude mit Schrägdächern und einer Neigung < 10%

Auch bei Schrägdächern mit geringer Neigung ist die Errichtung eines PV-Dachgartens üblicherweise mit aufwändigen Umbauarbeiten verbunden. Eine Möglichkeit stellen brückenartige Konstruktionen dar. Hierbei wird das ehemalige Schrägdach mit einer plattformartigen Struktur überbaut. Die Außenwände des Gebäudes dienen als Auflager, somit wird die eigentliche Dachstruktur durch den Dachgarten nicht zusätzlich belastet. Eine derartige Konstruktion kann jedoch nur dann umgesetzt werden, wenn es die statischen Gegebenheiten zulassen. Die Gebäudemauern müssen dazu in der Lage sein, die Mehrbelastung durch den Dachgarten und die Verkehrslast durch die Nutzer\*innen aufzunehmen. Andernfalls muss die Last, die durch die Dachgartenstruktur auf das Gebäude gebracht wird, über andere Strukturen abgeleitet werden.

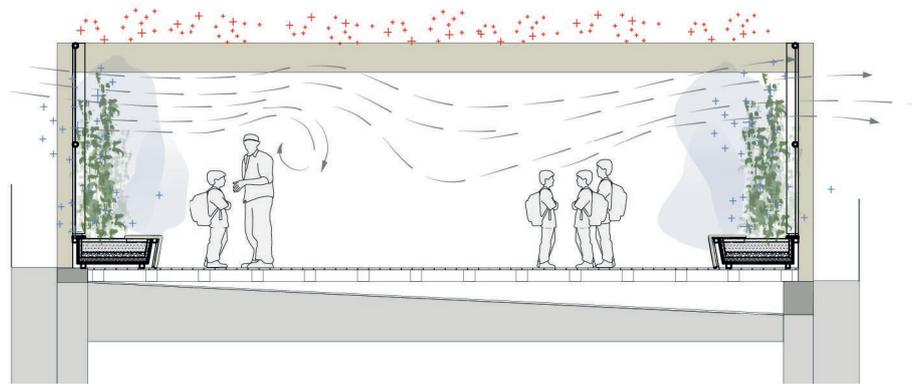


Abb. 14: Beispiel für die Überbauung eines Schrägdachs (GREEN4CITIES, 2022)

### 5.1.3 Gebäude mit Flachdächern und geringer Traglast (z.B. Turnsaaldächer mit Blech- oder Bitumeneindeckung)

Eine statische Neuberechnung der Dachfläche muss möglichst am Beginn der Planung durchgeführt werden. Bei einem PV-Dachgarten sollte in jedem Fall von einer Mindestverkehrslast von 300-500 kg/m<sup>2</sup> für die begehbaren Flächen ausgegangen werden. Hinzu kommen die Lasten, welche durch die PV-Module, durch die Strukturelemente und durch die Substrate und Pflanzen aufgebracht werden.

Kann die Dachstruktur diese Lasten nicht aufnehmen, sind bauliche Änderungen notwendig. Auch in diesem Fall kann je nach Statik und Struktur eine brückenartige Bauweise zum Einsatz kommen.

### 5.1.4 Gebäude mit Flachdächern und erhöhter Traglast (z.B. Kiesbedeckung, Dachbegrünung)

Moderne Gebäude, welche bereits über ein begrüntes Flachdach oder ein Kiesdach verfügen, weisen oft bereits eine erhöhte Traglast auf. Ob ein PV-Dachgarten errichtet werden kann, muss durch eine statische Vorprüfung eruiert werden, ausgenommen die Traglasten und Reserven sind

aufgrund vorhandener Pläne bekannt und ausreichend.

### **5.1.5 Gebäude mit Dachterrassen oder Dächern mit sehr hoher Traglast**

Dachterrassen, die dem technischen Stand der Dinge entsprechen, weisen üblicherweise eine Verkehrslast von 300-500 kg auf. Je nach Region und Lage kann diese aber auch höher oder niedriger ausfallen. Bei der Verkehrslast handelt es sich um eine veränderliche Last, welche durch Personen, Wind, Schnee und andere bewegliche Elemente auf die Terrasse aufgebracht wird. Eine ausreichende Verkehrslast muss auch nach Errichtung des PV-Dachgartens auf den begehbaren Flächen erhalten bleiben!

Je nach Situation kann diese Verkehrslast für Pflanzflächen unter Umständen reduziert werden, da hier nicht davon ausgegangen wird, dass die Flächen regelmäßig durch Personen begangen werden. Die anzunehmenden Lasten durch Schnee, Wind und für Pflegepersonal, welches die Flächen zumindest zeitweise betritt, müssen jedoch in die Berechnungen einfließen.

Grundsätzlich kann an dieser Stelle keine pauschale Lösung für die Errichtung eines PV-Dachgartens im Bestand angeboten werden, zu unterschiedlich sind die Bestandsbauwerke und die Sanierungsmöglichkeiten. Ist die Errichtung eines PV-Dachgartens geplant, sollten frühestmöglich Expert\*innen wie Statiker\*innen, Bautechniker\*innen oder Architekt\*innen hinzugezogen werden. Hierdurch kann vorab eine Abschätzung der Umsetzbarkeit und der nötigen Adaptierungsarbeiten erfolgen, wodurch den Bauherr\*innen böse Überraschungen oder große Enttäuschungen erspart bleiben.

## **5.2 Allgemeines zu Photovoltaik und thermischen Solaranlagen**

Photovoltaikanlagen wandeln Lichtenergie in elektrische Energie um. Aus der direkten als auch indirekten Strahlung wird Gleichstrom erzeugt, welcher üblicherweise mit einem Wechselrichter in Wechselstrom umgewandelt wird. Der Strom kann direkt verbraucht oder in das Stromnetz eingespeist werden.

Bei thermischen Solaranlagen wird Sonnenlicht durch Sonnenkollektoren absorbiert, wobei sich die Kollektoren erwärmen. Diese Wärme kann zum Beispiel zur Warmwasseraufbereitung und zum Heizen genutzt werden. Thermische Solaranlagen weisen häufig jedoch einen höheren Wartungsaufwand als PV-Anlagen auf. Heute werden thermische Solaranlagen teilweise durch die Kombination von PV-Anlagen und Wärmepumpen ersetzt.

### **5.2.1 Dachbegrünung & Photovoltaik – Besonderheiten und Möglichkeiten**

Bei der Kombination von PV-Anlagen und Vegetation gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, diese beiden Elemente zu verbinden. Üblicherweise werden die Module oberhalb der Dachbegrünung montiert. Wichtig ist hierbei, dass die Pflanzen die PV-Anlage nicht überschatten können. Das

kann passieren, wenn z.B. Kletterpflanzen auf die Module wachsen oder wenn hohe Vegetation die Module beschattet. Eine fundierte Pflanzenauswahl sowie regelmäßige Pflegeschnitte können eine Beschattung sicher verhindern. Gleichzeitig ergeben sich durch die Kombination auch Vorteile. So kann die Vegetation unter den PV-Elementen kühlend auf die Module wirken, wodurch die Effizienz erhöht wird.

### 5.2.2 PV-Überdachung bzw. PV-Dachgarten (PV-Module in Überkopfmontage)

Hierbei werden die PV-Module „überkopf“ auf einer Rahmenkonstruktion (ähnlich einem Flugdach) montiert. Personen können sich unterhalb der Module aufhalten, je nach Lichtsituation können auch Pflanzen unter den Modulen wachsen.

Für die Umsetzung eines PV-Dachgartens werden üblicherweise sogenannte Glas-Glas bzw. Doppelglas-PV-Module eingesetzt. Hierbei handelt es sich um PV-Module, die sowohl an der Frontseite als auch Rückseite aus einer Glasplatte bestehen. Alternativ können, mit gewissen Abstrichen, auch Glas-Folien-Module eingesetzt werden. Diese sind üblicherweise kostengünstiger als Glas-Glas-Module, aber meist nicht durchsichtig.

Solche Konstruktionen kommen vor allem bei intensiven Dachgärten und begehbaren Terrassen zum Einsatz.



Abb. 15: PV-Pergola BOKU, IBLB: Zwei Modultypen mit unterschiedlichen Lichtdurchlässigkeiten kommen hier zum Einsatz (Weidmann-Krieger, 2022)

### 5.2.3 Aufgeständerte PV-Anlagen (ohne Überkopfmontage)

Hierbei kommen spezielle Montagelösungen für PV-Module zum Einsatz, welche direkt in die Dachbegrünung integriert werden. Üblicherweise dient die Dachbegrünung als Auflast für die PV-Module. Diese Bauform kommt häufig bei extensiven Begrünungen zum Einsatz, da die eher niedrige Vegetation die Module bei guter Pflege nicht beschattet. Solche Flächen werden üblicherweise nicht von Personen genutzt.



Abb. 16: PV-Gründach mit aufgeständerten PV-Modulen und extensiver Vegetation (Zinco, o.J.)

### 5.2.4 Weitere Integrationsmöglichkeiten von PV-Anlagen

Darüber hinaus können PV-Module auch in Brüstungen und andere Elemente eines Dachgartens integriert werden. Ein Beispiel hierfür sind PV-Module, die an vertikal aufsteigenden Flächen wie Brüstungen oder Fassaden montiert werden. Hierfür eignen sich bifaziale Module besonders gut, da diese Bauform beidseitig PV-aktiv ist.

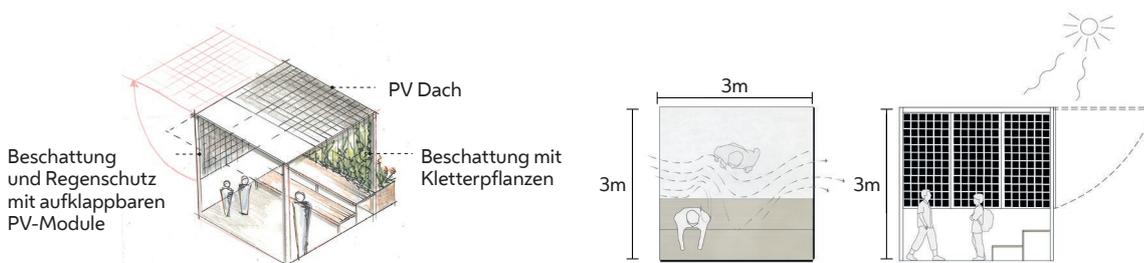


Abb. 17: Beispiel für eine senkrechte Montage von PV-Modulen (GREEN4CITIES, 2023)

## 5.3 Allgemeines zu PV-Modulen und PV-Anlagen

Grundlagen zu Solarzellen, PV-Modulen und weiteren Elementen einer PV-Anlage

### 5.3.1 Photovoltaische Zelle oder Solarzelle

PV-Zellen sind Bauteile, welche Strahlungsenergie in elektrische Energie umwandeln. Heute sind vor allem Siliciumzellen gebräuchlich. Hierbei wird zwischen monokristallinen-, polykristallinen- und amorphen Zellen unterschieden.

Eine weitere, aktuell noch wenig verbreitete Technologie stellen organische Solarzellen dar, welche auf organischen Kohlenwasserstoffverbindungen basieren. Dieser Zelltyp weist einen geringen Energieeinsatz sowie geringe Produktionskosten auf. Aktuell ist der Wirkungsgrad noch gering, es gibt nur wenige Hersteller\*innen, auch die Haltbarkeit der Module ist aufgrund der verhältnismäßig neuen Technologie noch unklar.

### 5.3.2 Photovoltaikmodul

Ein Photovoltaikmodul (PV-Module) besteht aus mehreren verbundenen Solarzellen. Diese werden auf der zur Sonne gewandten Seite meist mit einem Einscheibensicherheitsglas vor äußeren Einflüssen geschützt. Die Solarzellen sind vorder- und rückseitig in eine Kunststoffschicht eingebettet. Meistens kommen poly- oder monokristalline Solarzellen zum Einsatz. Die Rückseite ist mit einer Kunststoffverbundfolie oder einer weiteren Glasplatte kaschiert. Die Module sind oft zum Schutz mit einem umlaufenden Aluminiumrahmen versehen, immer häufiger werden aber auch rahmenlose Module angeboten.

#### **Glas-Glas-Module mit poly- oder monokristallinen Solarzellen**

Sowohl die Front- als auch die Rückseite der Module bestehen aus einer Glasplatte. Zwischen den beiden Glasplatten befinden sich die PV-Zellen. Durch das beidseitige Glas sind diese Module üblicherweise stabiler, die Zellen sind sehr gut vor Umwelteinflüssen geschützt. Oft weisen Glas-Glas Module höhere Bruchlasten auf als Glas-Folien-Module. Glas-Glas Module können teiltransparent ausgeführt werden. Hierbei werden die Solarzellen rasterartig in das Glas eingebaut, die Bereiche zwischen den Zellen bleiben durchsichtig. Dieser Modultyp kann rahmenlos ausgeführt werden, wodurch eine sehr glatte Oberfläche entsteht. Je größer die Zellzwischenräume sind, umso geringer ist die Beschattung durch die Module bzw. umso mehr Sonnenlicht kann hindurchscheinen. Gleichzeitig reduziert sich mit großem Zellabstand die Leistung der Module. Somit muss der angestrebte Energieertrag der PV-Anlage bei der Konstruktion sorgfältig gegenüber dem Lichtbedarf der Bepflanzung abgewogen werden. Je nach Modell sind Glas-Glas-Module für die Überkopfmontage zugelassen. Hierzu muss zumindest die untere Scheibe als Verbundsicherheitsglas ausgeführt werden.

Glas-Glas Module können bifazial hergestellt werden. Solche Module können auch Licht, das von hinten auf das Modul auftrifft, in Strom umwandeln. Hierdurch kann unter optimalen Bedingungen eine Steigerung des Energieertrags von 20-25 % erzielt werden. Bifaziale Module werden je nach Lichtsituation auch senkrechtstehend montiert, wodurch ein Mehrertrag zu waagrecht montierten Modulen erreicht werden kann. Solche Anlagen können zum Beispiel auf landwirtschaftlich genutzten Flächen errichtet werden. Auch Fassaden und Brüstungen sind gut für den Einsatz bifazialer Module geeignet.

Eine Sonderform der Glas-Glas-Module stellen röhrenförmige Module dar. Hierbei wird eine PV-Folie in eine Röhre aus Sicherheitsglas geschoben. Das Modul bildet keine geschlossene Fläche, es besteht aus vielen Einzelröhren. Zwischen den Röhren befindet sich ein Abstand, somit kann zum Beispiel Schnee oder Laub abgleiten und bleibt nicht auf den Modulen liegen. Optisch ähneln die Module thermischen Vakuum-Sonnenkollektoren.

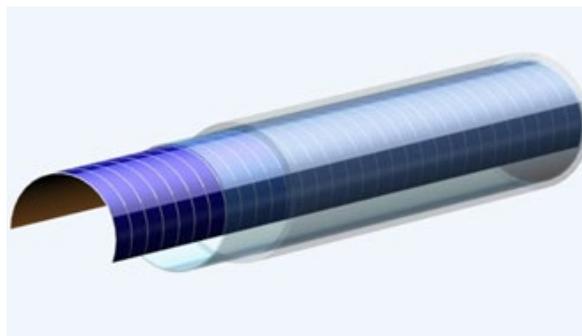


Abb. 18: Röhrenförmiges PV-Modul, (TubeSolar AG, o.J.)

### **Glas-Folien-Module mit poly- oder monokristallinen Solarzellen**

Glas-Folien-Module verfügen nur an der Oberseite über eine Glasplatte, die Rückseite bildet eine Trägerfolie. Zwischen dem Glas und der Folie befinden sich die Zellen. Die rückseitige Folie (auch: Backsheet) ist üblicherweise undurchsichtig. Meistens weisen Glas-Folien-Module eine etwas geringere Bruchlast auf, da der Backsheet dünner und biegsamer ist als die rückseitige Glasplatte eines Glas-Glas-Moduls. Dieser Modultyp hat meist einen Rahmen aus einer Metalllegierung. Glas-Folien-Module sind oft etwas kostengünstiger als Glas-Glas-Module. Sie sind jedoch häufig nicht für eine Überkopfmontage zugelassen, somit müsste bei einer Montage auf einem PV-Dachgarten ein zusätzliches „Dach“ unter die PV-Module gebaut werden, wodurch der Kostenvorteil relativiert wird.

### **Dünnschichtmodule und organische Module**

Wie der Name vermuten lässt, handelt es sich bei hierbei um sehr dünn-schichtige PV-Zellen, welche fallweise aufgrund der geringen Dicke durchsichtig ausgeführt werden können. Somit gelangt das Licht direkt durch die PV-Zellen, es sind keine transparenten Zellzwischenräume notwendig. Das PV-Modul wirkt wie eine getönte Glasscheibe, das Sonnenlicht kann gleichmäßig durch die Scheibe hindurchdringen. Die Scheiben können auch gefärbt werden. Bei Dünnschichtmodulen kommen meistens amorphe, nichtkristalline Siliziumzellen zum Einsatz. Aber auch andere Zellmaterialien wie Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIGS) oder Cadmiumtellurid können genutzt werden, wobei CIGS-Module aktuell den besten Wirkungsgrad unter den Dünnschichtmodulen erreichen. Dünnschichtmodule reagieren darüber hinaus üblicherweise etwas besser auf Beschattung als klassische PV-Module.

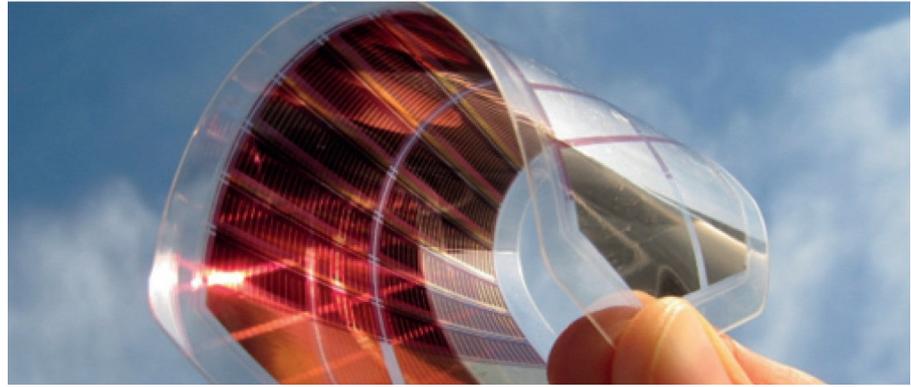


Abb. 19: Flexibles Folienmodul (DAS-Energy, o.J.)

Eine neue Entwicklung stellen organische Solarzellen dar, welche auf Kohlenwasserstoffverbindungen (Kunststoffen) basieren. Diese können vollkommen farblos und lichtdurchlässig ausgeführt werden. Die Kunststoffzellen werden meistens durch ein Transferverfahren auf eine Folie aufgebracht. Durch den Einsatz organischer Zellen sind Reduktionen der grauen Energie sowie der Produktionskosten von PV-Modulen möglich.

Aktuell ist der Wirkungsgrad des Zelltyps mit ca. 7 % noch gering, es gibt nur wenige Hersteller\*innen, auch die Haltbarkeit der Module ist aufgrund der neuen Technologie noch unklar. Die Module werden nicht in großem Umfang gefertigt, weshalb sich aktuell noch keine Preisvorteile im Vergleich zu siliziumbasierten Modulen ergeben. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass organische PV-Module aktuell noch ein Nischenprodukt darstellen, gleichzeitig weist die Technologie enormes Potential für die Nutzung im PV-Dachgarten auf.

Abb. 20: Organische Solarzelle (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, o.J.)



In der nachfolgenden Tabelle sind die Vor- und Nachteile sowie die Wirkungsgrade der oben beschriebenen Modultypen noch einmal zusammengefasst und gegenübergestellt.

Typ	Vorteile	Nachteile	Wirkungsgrad
Glas-Glas Module mit poly- oder monokristallinen Solarzellen	Etablierte Technologie, robust, meistens erhöhte Bruchlasten, je nach Hersteller*in für die Überkopfmontage geeignet, Rahmenlose Bauweise möglich, Teiltransparenz möglich	Wirkungsgrad nimmt mit zunehmender Transparenz ab, Licht gelangt nur durch die Zellzwischenräume und wird somit gerastert, teurer als Glas-Folien-Module	Je nach Transparenzgrad ca. 10-20 %
Glas-Folien-Module	Etablierte Technologie, robust, günstig	Üblicherweise nicht transparent und oft nicht für Überkopfmontage zugelassen, meistens mit Rahmen	Ca. 20 %
Dünnschichtige Module	Durchgehend gleiche Transparenzen des ganzen Moduls möglich, je nach Hersteller*in für Überkopfmontage geeignet	Geringere Verbreitung als poly- und monokristalline Solarzellen, aktuell noch wenige Hersteller*innen am Markt, tlw. Einsatz von Cadmiumtellurid (Umweltgift)	Ca. 10-19 %
Organische Solarzellen	Herstellung von vollkommen klaren, transparenten Modulen möglich, geringer Energieeinsatz, Zukunftstechnologie	Relativ neue Technologie, aktuell geringer Wirkungsgrad und kurze Lebensdauer, sehr wenige Hersteller*innen am Markt	Ab 7 %

Tabelle 1: Vergleich unterschiedlicher PV-Module

### 5.3.3 Wechselrichter bzw. Solarwechselrichter

Ein Wechselrichter, häufig auch als „Inverter“ bezeichnet, ist ein Gerät, das Gleichspannung in Wechselspannung umwandeln kann. Solarwechselrichter wandeln die Gleichspannung aus Solarmodulen in Wechselspannung um, damit diese durch Geräte mit Wechselspannung genutzt und in das Stromnetz eingespeist werden kann. Somit ist der Wechselrichter als Teil der PV-Anlage zu sehen.

Am Markt sind unterschiedlichste Wechselrichter erhältlich. Modul- oder Mikrowechselrichter werden meistens direkt bei den einzelnen Solarmo-

dulen installiert. Jedes Modul hat somit einen eigenen Wechselrichter, die Leistung ist auf das Modul abgestimmt. Alternativ dazu werden Wechselrichter in unterschiedlichen Leistungsklassen angeboten, an welche mehrere Module angeschlossen werden können. Hierbei wird die Leistung des Wechselrichters auf die gesamten PV-Module abgestimmt.

Hybridwechselrichter bieten darüber hinaus die Möglichkeit, einen Stromspeicher zu betreiben. Wechselrichter für sogenannte „Inselanlagen“ sind nicht dafür vorgesehen, dass sie in das öffentliche Stromnetz integriert werden. Sie kommen dann zum Einsatz, wenn die PV-Anlage autark vom öffentlichen Stromnetz betrieben werden soll.



Abb. 21: Wechselrichter im PV-Dachgarten BOKU-IBLB (Markus Weidmann-Krieger, 2022)

## 5.4 Pflanzen in Kombination mit PV-Anlagen – die Besonderheiten

Bei der Umsetzung eines PV-Dachgartens müssen die Pflanzen an die lokalen Gegebenheiten angepasst werden. Bei (innerstädtischen) Dachterrassen handelt es sich häufig um Extremstandorte. Es herrschen sehr hohe Sommertemperaturen, aufgrund der exponierten Lage kann es zu großen Windgeschwindigkeiten kommen. Aufgrund der statischen Gegebenheiten ist das Substratvolumen oft eingeschränkt, da keine großen Lasten auf das Dach aufgebracht werden können. Ein Ausfall der Bewässerungsanlage kann rasch zu einem Totalausfall der Begrünung führen.

Somit muss die Begrünung auf die mögliche Pflegeintensität des PV-Dachgartens abgestimmt werden. Vor allem in den Sommerferien gestaltet sich die Betreuung eines PV-Dachgartens auf Schulen schwierig. Pädagog\*innen und Schüler\*innen sind nicht anwesend, auch die restlichen Angestellten sind nicht immer vollumfänglich im Dienst. Schulexterne Personen haben meistens keinen Zugang zur Dachfläche. Daher sollten bei der Planung eines PV-Dachgartens auf Schulen vor allem robuste, pflegeleichte und trockenresistente Pflanzen zum Einsatz kommen. Kann eine ganzjährige und engmaschige Pflege sichergestellt werden, können auch anspruchsvolle Pflanzen angebaut werden. Darüber hinaus kann es sinnvoll sein, einjährige Pflanzen anzubauen, die noch vor den Sommerferien geerntet werden können.

Unter den semitransparenten PV-Modulen ergeben sich je nach Transpa-

renzgrad verschiedene Lichtsituationen. Allgemein kann gesagt werden, dass durch die Beschattung das potenzielle Pflanzenspektrum erweitert wird, vor allem im Hochsommer wird durch reduzierte Strahlung das Ausfallrisiko gemindert. Hierbei ist es jedoch essenziell, dass die Vegetation an das Lichtspektrum angepasst wird. Vor allem im Inneren des PV-Dachgartens kann es je nach Transparenz der Module verhältnismäßig dunkel werden, besonders dann, wenn auch Kletterpflanzen zum Einsatz kommen. Dafür ist der Standort vor Wind und Wetter geschützt. Die Randbereiche eignen sich wiederum gut für Pflanzen, die mehr Licht benötigen und denen Wind und Frost weniger zusetzen.

Die PV-Module schirmen die Pflanzen vor natürlichem Niederschlag ab. Kommt eine Bewässerung mit Tropfschläuchen oder eine Unterflurbewässerung (Wasserversorgung durch unterirdische Tropf- und Perlschläuche) zum Einsatz, werden die Blätter somit nicht durch Niederschlag gereinigt. Bei der Pflege sollte darauf geachtet werden, dass die Pflanzen, welche sich unter den PV-Modulen befinden, bei Bedarf durch händisches Wässern manuell von Staub und Schmutz befreit werden.

Im Zuge der Masterarbeit „Intensive Dachbegrünung in Kombination mit Photovoltaik: Untersuchung des Einflusses von lichtdurchlässigen Photovoltaikmodulen auf mehrjährige Pflanzen am Beispiel PV-Dachgarten BOKU“ von Marlies Macher finden sich umfangreiche Untersuchungen zu geeigneten Pflanzen für PV-Dachgärten [epub.boku.ac.at/obvbokhs/content/titleinfo/1936125](https://epub.boku.ac.at/obvbokhs/content/titleinfo/1936125).

Die Pflanzplanung in Schulfreiräumen und auf pädagogisch genutzten Dachterrassen sollte mit der MA 42 abgestimmt werden. Die MA 42 verfügt darüber hinaus über eine Zusammenstellung an ungiftigen, dornen- und stachellosen Pflanzen, welche sich, basierend auf langjährigen Erfahrungen, besonders gut für den Einsatz in Schulfreiräumen eignen.

#### 5.4.1 Einsatz von Kletterpflanzen in PV-Dachgärten

Die Kombination von Kletterpflanzen und PV-Dachgärten bringt viele Vorteile. Kletterpflanzen schaffen vertikale Beschattung und ergänzen somit die horizontalen PV-Module optimal. Blattgrün sorgt für einen natürlichen Schatten, der von vielen Menschen als angenehm empfunden wird. Darüber hinaus beschatten sommergrüne Pflanzen die Flächen „intelligent“: Im Winter, wenn Menschen auf die wärmende Sonnenstrahlung angewiesen sind, scheint das Licht weitestgehend ungehindert durch die blattlose Vegetation. Im Frühjahr sorgen die ersten Blätter für leichte Beschattung, im Sommer bietet das dichte Blattgrün optimalen Schutz vor der Hitze. Im Herbst lichten sich die Blätter erneut.

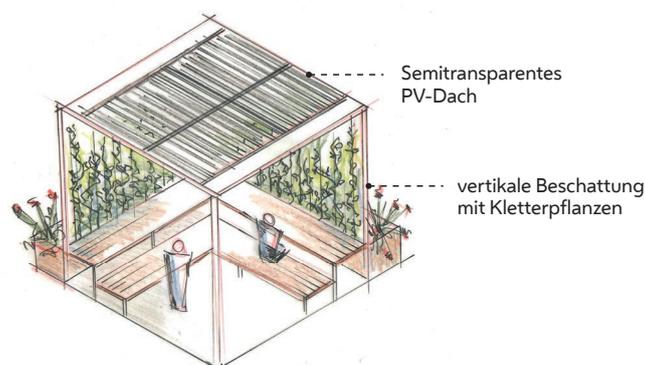


Abb. 22: Vertikale Beschattung mit Kletterpflanzen und PV-Dach (GREEN4CITIES, 2022)

## 5.4.2 Evapotranspiration – natürliche Pflanzenkühlung

Pflanzen kühlen sich durch Wasserverdunstung über die Stomata, also die Spaltöffnungen auf den Blättern. Auch von den Blattoberflächen und vom Substrat wird Wasser verdunstet. Diese sogenannte Evapotranspiration sorgt an heißen Tagen für Abkühlung. Das Prinzip funktioniert aber nur dann, wenn die Pflanzen ausreichend mit Wasser versorgt werden. Die meisten Pflanzen stellen bei Trockenstress die Verdunstung ein und werfen im Extremfall ihre Blätter ab. Somit gehen zwei besonders essenzielle Vorteile der Vegetation im PV-Dachgarten verloren. Daher sind eine lückenlose Bewässerung und gute Nährstoffversorgung der Pflanzen wesentliche Erfolgskriterien für eine ökologisch wirksame Dachbegrünung.

### Kletterhilfen

Die Kletterhilfen sind an die Bedürfnisse der Kletterpflanzen anzupassen. Empfehlungen hierzu finden sich zum Beispiel in der Richtlinie für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünung der FLL (2018) sowie im Leitfaden für Fassadenbegrünung der Stadt Wien.

Näheres hierzu siehe:

Leitfaden zur Fassadenbegrünung:

[wien.gv.at/umweltschutz/raum/fassadenbegruenung.html](http://wien.gv.at/umweltschutz/raum/fassadenbegruenung.html) sowie

FLL Fassadenbegrünungsrichtlinien:

[shop.fll.de/de/fassadenbegruenungsrichtlinien-richtlinien-fuer-die-planung-bau-und-instandhaltung-von-fassadenbegruenungen-2018-broschuere.html](http://shop.fll.de/de/fassadenbegruenungsrichtlinien-richtlinien-fuer-die-planung-bau-und-instandhaltung-von-fassadenbegruenungen-2018-broschuere.html)

Nachfolgend soll eine kurze und vereinfachte Übersicht unterschiedlicher Kletterpflanzen und deren Anspruch an die Kletterhilfe gegeben werden.

**Schlingende Pflanzen** wie Blauregen (*Wisteria*, giftig), Baumwürger (*Celastrus orbiculatus*, schwach giftig) und Hopfen (*Humulus lupulus*, ungiftig) benötigen vertikale Seile oder Stäbe, wobei es sinnvoll sein kann, die Pflanzen durch horizontale Abrutschsicherungen zu stützen (siehe Abb. 23).

**Rankende Pflanzen** wie Wein (*Vitis vinifera*, ungiftig) und rankende Bohnen (*Phaseoleae*, roh giftig) bilden eigene Halteorgane, mit denen sie dünne Stäbe oder Seile umwickeln (siehe Abb. 24).

**Spreizklimmer** wie Kletterrosen (*Rosa luciae*) klemmen sich in die Kletterhilfe, für ein schönes Wuchsbild müssen die Pflanzen meistens händisch an der Kletterhilfe befestigt werden. Auch Spalierobst muss händisch am Spalier befestigt und durch gezielte Pflegeschnitte geleitet werden (siehe Abb. 25).

**Selbstklimmer** wie Efeu (*Hedera helix*, giftig) wachsen mit Hilfe von Haftscheiben direkt an porösen Wänden empor und eignen sich somit nur bedingt für die Begrünung eines PV-Dachgartens. Beispielsweise, wenn eine Seite der PV-Pergola mit einer Wand geschlossen wird oder der PV-Dachgarten an einer Seite mit der Hausfassade verbunden wird (siehe Abb. 26).

Abb. 23 & 24: Schlingende Pflanze, Rankende Pflanze (GREEN4CITIES, 2024)

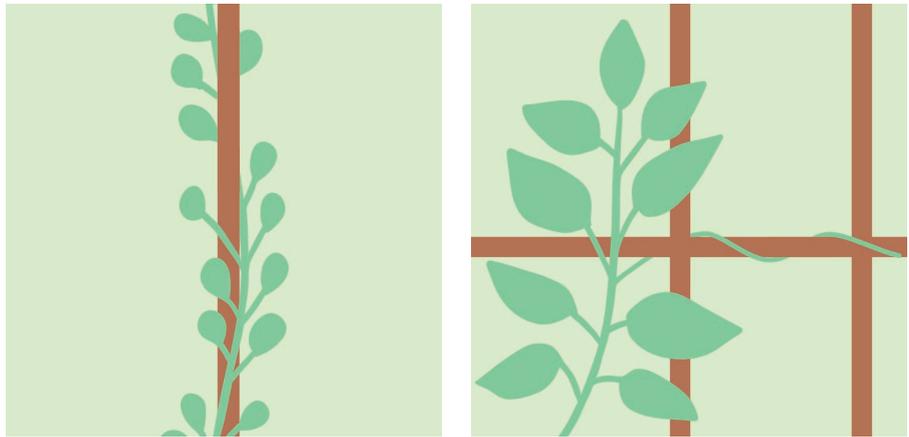
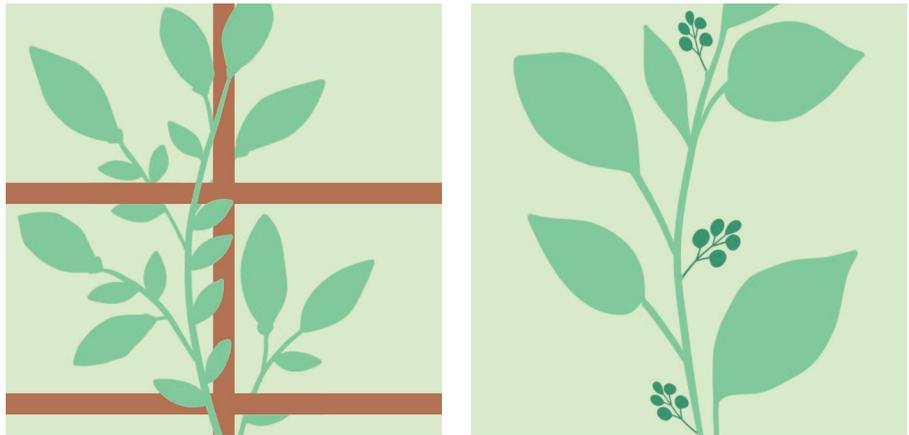


Abb. 25 & 26: Spreizklimmer, Selbstklimmer (GREEN4CITIES, 2024)



Für die Kletterhilfe können unterschiedliche Materialien eingesetzt werden. Wichtig ist hierbei, dass die Materialien möglichst haltbar sind. Andernfalls kann die Struktur unter Umständen nach wenigen Jahren die Last der Kletterpflanzen nicht mehr aufnehmen und muss ausgetauscht werden. Hierbei müssen häufig auch die Kletterpflanzen entfernt werden. Es kann Jahre dauern, bis die Pflanzen wieder ein ähnliches Volumen erreichen.

Holz eignet sich gut für die Herstellung von Spalieren und Kletterhilfen, wenn es vor Witterung geschützt ist oder es sich um besonders haltbares Holz handelt.

Stahl in Form von Stahlstäben und Stahlseilen eignet sich ebenfalls sehr gut für Kletterhilfen. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass der Stahl rostfrei ist oder über eine Schutzbeschichtung verfügt. Stahlteile können sich in der prallen Sonne stark aufheizen, es kann zu Pflanzenschäden kommen. Je nach Pflanze und Standort können auch Kunststoffe wie Netze eingesetzt werden, wenn diese ausreichend UV-stabil sind.

#### **Folgende Kletterpflanzen werden von der MA 42 für Kindergärten und Schulen empfohlen:**

- *Clematis alpina*
- *Actinidia chinensis* ‚Hayward‘
- *Actinidia chinensis* ‚Tomuri‘
- *Akebia quinata*
- *Aristolochia macrophylla*
- *Clematis alpina*

- *Clematis tibetana tangutica*
- *Clematis montana rubens*
- *Parthenocissus tricuspidata* ‚Veitchii‘
- *Parthenocissus vitacea*
- *Vitis vinifera* ‚Königin d. Weingärten‘

Diese Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und zeigt beispielhaft, welche Kletterpflanzen sich besonders für den Einsatz in Schulgärten eignen. Darüber hinaus beinhaltet die Liste Arten und Sorten, mit denen die MA 42 (gute) Erfahrungen im Schulbetrieb machen konnte.

## 5.5 Pflanztrog - Größe und Innenbau

Um ein optimales, langfristiges Pflanzenwachstum am Extremstandort Dach sicherzustellen, ist die Auswahl eines geeigneten Pflanztrogs maßgebend. Tröge und Kübel müssen an die Pflanzen angepasst werden, ein zu kleiner Trog führt zu kümmerlichem Wuchs. Das Verhältnis von Wurzelvolumen und Blattvolumen ist somit unausgeglichen. Darüber hinaus kann durch das eingeschränkte Substratvolumen keine ausreichende Speicherung von Wasser und Nährstoffen sichergestellt werden. All diese Faktoren wirken sich negativ auf die Widerstandsfähigkeit der Vegetation aus. Daher sollte ein guter Kompromiss aus Auflast und Trogvolumen gefunden werden.

Üblicherweise wird am Boden des Pflanztrogs eine Speicher- bzw. Drainageebene geschaffen. Diese besteht aus einem anorganischen Material, welches über ein hohes Porenvolumen verfügt und möglichst viel Wasser speichern kann. Alternativ kommen auch Kunststoffplatten zum Einsatz. Darauf folgt ein mineralisches Untersubstrat, welches die Standfestigkeit von Gehölzen und großen Stauden verbessert. Anschließend wird das eigentliche Pflanzsubstrat aufgebracht. Sowohl das Untersubstrat als auch das Pflanzsubstrat sollen ebenfalls eine hohe Wasserspeicherefähigkeit aufweisen. Hierzu werden dem Substrat Zuschlagsstoffe wie Perlit, Tongranulat oder Blähton beigemischt. Das Substrat muss torffrei sein, regionale Substrate sind zu bevorzugen. Eine Mulchschicht verhindert zu große Wasserverdunstung und Unkrautwuchs. Mineralischer Mulch wie Kies ist zwar besonders haltbar, wirkt aber unnatürlich und nimmt relativ viel Hitze auf. Organische Mulche wie Gartenfaser, Hanffaser oder Hackschnittel sehen natürlich aus und heizen sich weniger auf, diese müssen aber regelmäßig erneuert werden, da sie mit der Zeit verrotten.

Besonders bei Trögen aus Metall und Beton sollte eine Dämmschicht zwischen Trogwand und Pflanzenwurzeln eingebaut werden. So wird vermieden, dass die Pflanzenwurzeln bei großer Hitze oder Kälte Schaden nehmen. Oft kommt XPS zum Einsatz, da es nicht verrottet und kein Wasser aufnimmt. Als Erdölprodukt ist es wenig nachhaltig, weshalb die Dämmstärke auf wenige cm (2-3 cm) reduziert werden sollte. Ein Vlies, welches über die Oberkanten der Platten gezogen wird, verhindert, dass Substrat hinter die Platten rieselt.

Holztröge müssen je nach Bauart nicht zwingend isoliert werden, da Holz Kälte und Wärme schlechter leitet als Stahl und Beton.

Ein Überlauf verhindert, dass sich Überschusswasser im Trog ansammelt und zu Problemen wie Wurzelfäule führt. Zur Funktionskontrolle des Überlaufs sollte ein Kontrollrohr in den Pflanztrog eingesetzt werden. So kann der Wasserstand überprüft werden.

Darüber hinaus soll ein Notüberlauf eingebaut werden, der im Falle einer Fehlfunktion bzw. Undichtigkeit der Bewässerung Feuchtigkeitsschäden am Bauwerk verhindert. Hierbei kann das Wasser auch einfach über die Trogkante rinnen, wenn es darauffolgend ungehindert in einen Dachablauf o.Ä. rinnen kann.

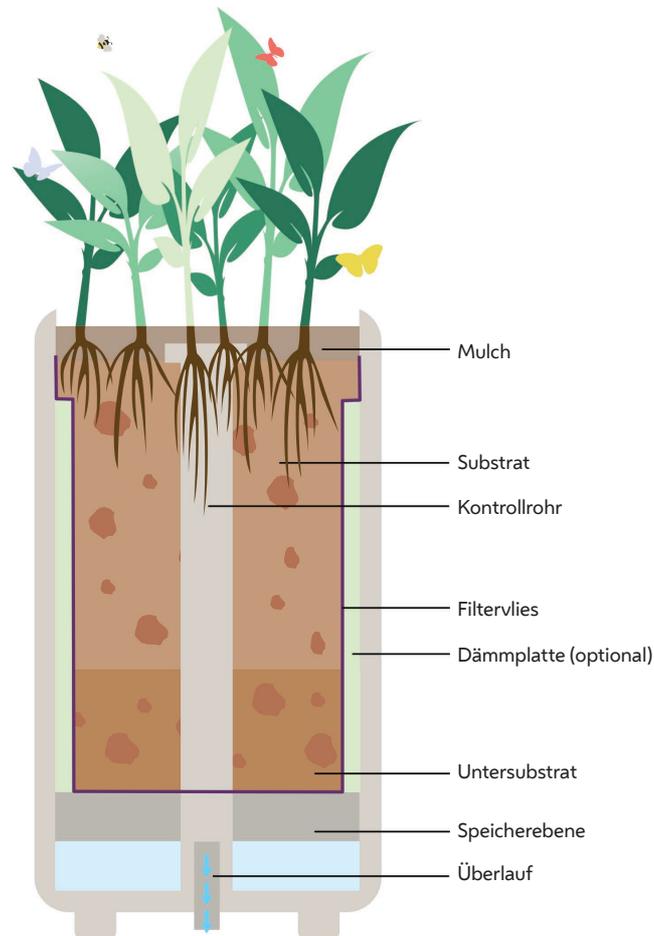


Abb. 27: möglicher Aufbau eines Pflanztrogs (GREEN4CITIES 2024)

## 5.6 Allgemeine technische Aspekte der Konstruktion und Unterkonstruktion sowie mögliche Materialien

### 5.6.1 Glasflächen

PV-Überdachungen mit Doppelglasmodulen gelten als Horizontalverglasungen. Detaillierte Angaben zu möglichen Glasarten, Auflagerbedingungen und Bemessungen sowie der erforderlichen Resttragfähigkeit bei Versagen finden sich in der ÖNORM B3716-1 sowie B3716-2 und in der OIB-Richtlinie 4, Punkt 5.3.

Im Speziellen gilt es hierbei zu beachten, dass bereits Verglasungen, die eine Neigung zur Vertikalen um mehr als 15 Grad aufweisen, als Horizon-

talverglasungen gelten. Einfachverglasungen bzw. die unterste Scheibe von Mehrfachverglasungen müssen in diesem Fall aus Verbundsicherheitsglas bestehen. Vor allem in sensiblen Bereichen wie Schulen sowie generell im öffentlichen Raum sollen die Module eine Zulassung analog zu klassischem Verbundsicherheitsglas (VSG) aufweisen. ACHTUNG: Viele PV-Module erfüllen diese Anforderungen nicht! Hersteller\*innen bieten spezielle Glas/Glas-Module aus VSG für die Überkopfverglasung. Häufig weisen diese Module eine Zulassung vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) als VSG – Verbundscheibensicherheitsglas nach DIN 18008 auf.

Bei der Errichtung sollte jedenfalls ein Mindestgefälle von 5° eingehalten werden, da darunter der Selbstreinigungseffekt nicht gegeben ist. Die unschönen Verschmutzungen durch Staub und Laub reduzieren darüber hinaus auch die PV-Leistung.

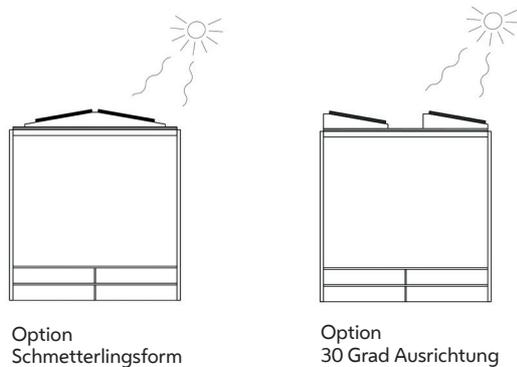


Abb. 28: Geeignete PV-Flächen (GREEN4CITIES, 2022)

### 5.6.2 Strukturelemente des PV-Dachgarten

Die Unterkonstruktion bzw. die Strukturelemente müssen eine längere Lebenserwartung aufweisen als die Solaranlage, um wirtschaftlich sein zu können. Die Nutzungskategorie lt. ÖNORM B3691 für eine geplante Nutzungsdauer von 30 Jahren (CC3) ist hierbei sinnvoll und daher einzuhalten.

### 5.6.3 Stahl

Stahl ist einer der verbreitetsten Baustoffe im Bauwesen. Baustahl ist preiswert, lässt sich gut verarbeiten und ist, bei entsprechendem Schutz, sehr haltbar. Der Markt bietet eine breite Palette an Stahlsorten. Typische Stahlsorten, die für die Errichtung eines PV-Dachgartens in Frage kommen, sind S235 (beruhigter Stahl, Streckgrenze von 235 N/mm<sup>2</sup>), S355 (beruhigter Stahl, Streckgrenze von 355 N/mm<sup>2</sup>). Baustähle benötigen einen Korrosionsschutz. Hierzu kann der Stahl mit einem Schutzanstrich, zum Beispiel einem Lack versehen oder pulverbeschichtet werden.

Eine dauerhafte und verbreitete Methode ist das Feuerverzinken, wobei das Stahlbauteil in ein Zinkbad getaucht wird. Die Zinkschicht sollte nicht mehr beschädigt werden, weshalb von einem nachträglichen Schweißen oder von der Bohrung von Löchern im Stahl abgesehen werden sollte. Feuerverzinkte Bauteile weisen eine silbrige, kristallartig schimmernde Oberfläche auf. Auch verzinkter Stahl kann lackiert oder pulverbeschichtet werden.

Die mögliche Größe von Bauteilen aus verzinktem Stahl hängt von der Größe des Zinkbeckens ab. Diese ist bei den Herstellenden zu erfragen.

Neben klassischem Baustahl kann auch Edelstahl zum Einsatz kommen. Edelstahl weist einen besonders hohen Reinheitsgrad auf. Legierte Edelstähle, zum Beispiel Chromstahlsorten sind meistens korrosionsbeständig, müssen also nicht lackiert oder beschichtet werden. Aufgrund der höheren Güte und Festigkeit können die Bauteile des PV-Dachgartens schlanker ausgeführt werden. Edelstahl ist jedoch kostspieliger und je nach Stahlsorte eventuell aufwändiger in der Bearbeitung.

### **Nachhaltigkeit & Recyclingfähigkeit**

Der Energieeinsatz bei der Stahlherstellung ist hoch, variiert jedoch je nach Stahlsorte sowie nach dem Anteil an Stahlschrott im Ausgangsmaterial. Im Durchschnitt kann für Stahl ein Energieeinsatz von 30-100 MJ/kg angenommen werden<sup>17</sup>.

Theoretisch kann Stahl zu 100% wiederverwertet werden, wobei aktuell im Bauwesen von einer Sammelquote von etwa 97-99 % ausgegangen wird<sup>18</sup>.

Für das Einschmelzen des Stahlschrotts muss Energie aufgewendet werden. Der Energieaufwand ist jedoch geringer als bei der Herstellung von Stahl aus Roheisen.

## **5.6.4 Holz**

Heimisches Holz gilt als ökologischer und nachwachsender Rohstoff. Österreich und Mitteleuropa verfügen über weitläufige Wälder, die Auswahl verschiedener heimischer Hölzer ist groß. Holz kann im Gegensatz zu verzinktem Stahl einfach auf der Baustelle nachbearbeitet werden. Je nach Holzart kann bei freier Bewitterung von einer Haltbarkeit von 10 bis 25 Jahren ausgegangen werden. Bei gutem konstruktivem Holzschutz können Holzbauteile aber auch viele Jahrzehnte bis Jahrhunderte im Freien überdauern.

### **Geeignete Holzarten zur Verwendung im Freien**

Typisch heimische Nadelholzarten, die in der Freiraumgestaltung zum Einsatz kommen sind Lärche sowie Douglasie\*. Bei entsprechendem Holzschutz (konstruktiv oder chemisch) kann auch Fichten-, Tannen- und Kiefernholz im Freiraum eingesetzt werden.

Auch Laubholz wird in der Freiraumgestaltung genutzt. Eine der dauerhaftesten, heimischen Holzarten ist Robinienholz. Eichen- und Edelkastanienholz gelten ebenso als dauerhaft. Ahorn-, Birken- und Eschenholz können nicht ohne Schutz im Freiraum eingesetzt werden.

### **Dauerhaftigkeitsklassen**

Holz kann in Dauerhaftigkeitsklassen eingeteilt werden, die Einteilung erfolgt auf der Basis der DIN-EN 350-2. Die Klassen gliedern sich von 1 (sehr dauerhaft) bis 5 (nicht dauerhaft)<sup>19</sup>.

\*Die Douglasie stammt ursprünglich aus Nordamerika, wird in Europa jedoch forstwirtschaftlich angebaut.

Dauerhaftigkeitsklasse	Alter des Holzes	Holzarten
1- sehr dauerhaft	min. 25 Jahre	Keine heimischen Holzarten (Teak, afrikanisches Padouk) jedoch chemisch oder technisch behandeltes Holz wie acetyliertes Kiefernholz, thermisch behandeltes Kiefern- und Eschenholz
1-2 sehr dauerhaft bis dauerhaft	min. 20 Jahre	Robinie (abhängig vom Alter)
2 - dauerhaft	15 bis 25 Jahre	Eiche, Edelkastanie
3 - mäßig dauerhaft	10 bis 15 Jahre	sibirische Lärche (langsamer Wuchs), ev. Lärche aus Höhenlagen, Douglasie
3 - 4 mäßig dauerhaft bis wenig dauerhaft	7 bis 15 Jahre	Europäische Lärche
4 - wenig dauerhaft	5 bis 10 Jahre	Fichte, Tanne
5 - nicht dauerhaft	weniger als 5 Jahre	Ahorn, Birke, Buche

Tabelle 2: Dauerhaftigkeit von Holz nach DIN-EN-350-2

Grundsätzlich sollte im Sinne der Nachhaltigkeit nur heimisches Holz eingesetzt werden, Tropenholz ist zu vermeiden.

Neben klassischem Vollholz können auch Holzwerkstoffe für die Errichtung eines PV-Dachgartens zum Einsatz kommen. Hierbei werden die Bauteile aus vorher bearbeiteten Holzteilen zusammengesetzt. Typische Holzwerkstoffe sind Brettschichtholz (oft als Leimbinder bezeichnet), Sperrholz, Leimholz, Holzspanplatten und Holzfaserverleimplatten. Eine weitere Form der Holzwerkstoffe stellen Holzverbundstoffe dar. Hierzu zählen zum Beispiel Holz-Polymer-Werkstoffe (WPC), zementgebundene Holzwerkstoffe sowie Kunstharzpressholz.

Es ist jedenfalls darauf zu achten, dass die Holzwerkstoffe für den Außeneinsatz zugelassen sind.

### Konstruktiver Holzschutz

Der konstruktive Holzschutz beschreibt die Anordnung bzw. Ausrichtung von Holzbauteilen, welche dem Schutz des Holzes vor eindringender Feuchtigkeit dient. Dringt Feuchtigkeit dauerhaft in das Holz ein, führt dies unweigerlich zu Beschädigungen und zu Pilzbefall.

Bei der Errichtung von PV-Dachgärten aus Holz sollte stehendes Wasser auf den Holzbauteilen vermieden werden. Dieser Schutz ist besonders bei der Stirnseite des Holzes zu beachten. Die Stirnseite ist jene Seite, an der die Jahresringe gut erkennbar sind. Hier kann Wasser besonders leicht in die Struktur eindringen.

Die Stirnseite von Holzbauteilen kann durch Abschrägen des Bauteils vor stehendem Wasser geschützt werden. Langfristig kann ein Wassereindring durch diese Maßnahme jedoch nicht verhindert werden.

Abb. 29: Holzschäden durch stehendes Wasser  
(GREEN4CITIES 2024 & 2022)



Eine weitere Möglichkeit, Holz vor eindringendem Niederschlagswasser zu schützen stellt das Abdecken bzw. Verblenden des Holzteils dar. Hierbei sollte darauf geachtet werden, dass ein Austrocknen des Holzes durch die Abdeckung nicht verhindert wird. Dies kann durch Hinterlüftung sichergestellt werden.

Abb. 30: Holzschäden durch eindringendes Wasser  
(GREEN4CITIES 2024 & 2022)



Neben Niederschlagswasser kann auch aufsteigendes Wasser bzw. Spritzwasser zu Holzschäden führen. Holzkonstruktionen sind so auszuführen, dass Wasser nicht vom Boden in das Bauteil aufsteigen kann. Die Spritzwasserzone ist nach Möglichkeit konstruktiv zu schützen.

Abb. 31: Holzschäden durch aufsteigendes Wasser,  
(GREEN4CITIES 2024 & 2022)



Weitere, umfangreiche Informationen zum konstruktiven Holzschutz finden sich in der ÖNORM B 3802-2 Holzschutz im Bauwesen - Teil 2: Baulicher Schutz des Holzes.

### **Technische und chemische Behandlung**

Durch die technische und chemische Behandlung von Holz kann die Dauerhaftigkeit massiv gesteigert werden. Ein Beispiel hierfür ist Thermoholz, welches in einem speziellen Verfahren auf über 200 Grad erhitzt wird. Es ist üblicherweise härter und resistenter gegen Pilze als vergleichbares, nicht behandeltes Holz. Typische Thermohölzer sind Kiefer und Esche. Eine weitere, verbreitete Möglichkeit Holz resistenter gegen Umwelteinflüsse zu machen ist die Kessel-Druckimprägnierung (KDI). Das Holz wird unter Druck mit Holzschutzmittel beaufschlagt. Dadurch dringt dieses tiefer in die Holzfaser ein als z.B. bei der Tränkung des Materials. Im Gegensatz zu einem (farbigen) Anstrich verhindert KDI nicht, dass das Holz mit der Zeit vergraut. Die Imprägniersalze enthalten üblicherweise Kupfer und Chrom, somit kann KDI-Holz aufgrund von Umweltschutzbelangen nicht ohne weiteres verbrannt oder kompostiert werden.

### **Holzschutzanstriche**

Durch Holzschutzanstriche (Lasuren, Öle, Lacke, usw.) lässt sich die Resistenz gegen Umwelteinflüsse ebenfalls erhöhen. Je nach Art des Anstrichs können diese Effekte jedoch stark variieren. Da die Anstriche nur in geringem Ausmaß in das Holz eindringen, können diese mit der Zeit abblättern. Somit muss der Schutzanstrich regelmäßig erneuert werden, um eine langfristige Schutzfunktion sicherzustellen.

Bei allen (chemischen) Holzschutzbehandlungen muss darauf geachtet werden, dass eine gefahrlose Berührbarkeit sowie Nutzung des PV-Dachgartens sichergestellt werden kann. Stoffe, die durch Regen ausgewaschen werden können oder Beschichtungen, die mit der Zeit abblättern, dürfen bei Berührung und eventueller oraler Aufnahme keine Gefahr für Kinder darstellen.

### **Holzherkunft, Kennzeichnung**

Nach Möglichkeit sollte bei der Errichtung eines PV-Dachgartens heimisches, unbehandeltes Holz zum Einsatz kommen. Dieses weist die beste Umweltbilanz auf. Durch konstruktiven Holzschutz kann die Dauerhaftigkeit der Konstruktion massiv gesteigert werden.

In jedem Fall ist darauf zu achten, dass das Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammt. Hierfür gibt es spezielle Zertifikate wie FSC oder PEFC. Weitere, umfangreiche Informationen zum chemischen Holzschutz finden sich in der ÖNORM B 3802-3 Holzschutz im Bauwesen - Teil 3: Chemischer Schutz des Holzes.

### **Nachhaltigkeit & Recyclingfähigkeit**

Die Nachhaltigkeit von Holz und Holzwerkstoffen hängt maßgeblich von der Herkunft und der Bearbeitung des Holzes ab.

- Heimisches Holz weist sehr kurze Transportwege auf.
- Für natürlich getrocknetes Holz muss wesentlich weniger Energie eingesetzt werden als für technisch getrocknetes Holz.
- Unbehandeltes Holz kann üblicherweise problemlos recycelt werden
- Holz aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern gilt als ökologisch besonders wertvoll.
- Durch gute Planung und Holzschutz kann die Lebensdauer von Holzbauteilen massiv gesteigert werden.
- Thermisch behandelte Holzarten stellen eine gute Alternative zu Tropenholz dar.

Für technisch getrocknete Kanthölzer müssen ca. 3,1 MJ/kg Energie aufgebracht werden. Der Bedarf an grauer Energie für natürlich getrocknete Kanthölzer liegt bei etwa der Hälfte<sup>20</sup>.

### 5.6.5 Aluminium

Auch Aluminium kann für die Errichtung eines PV-Dachgartens genutzt werden. Aluminium ist leichter als Stahl, es bildet bei Sauerstoffkontakt eine Oxidschicht aus, welche das darunterliegende Material vor weiterer Korrosion schützt. Aluminiumprofile können aufgrund ihrer geringen Härte, ähnlich wie Holz, relativ einfach auf der Baustelle bearbeitet werden. Mit Hartmetallsägen kann das Profil geschnitten werden, auch ein Verschrauben der Profile ist möglich.

Aluminiumgewinnung durch Elektrolyse aus Bauxit weist einen sehr hohen Energieeinsatz von etwa 210 MJ/kg auf. Somit wird für die Herstellung von einem kg Aluminium gleich viel Energie benötigt wie für die Erzeugung von 120 kg natürlich getrocknetem Holz. Bei der Herstellung von Aluminium entstehen im Vergleich zu anderen Metallen besonders viele giftige Abfallstoffe wie Arsen, Quecksilber, Cadmium und sogar radioaktive Stoffe wie Uran und Thorium. Auch die Natronlauge, mit der das Aluminium aus dem Bauxit gelöst wird, ist stark ätzend. Aluminium wird oft in Schwellenländern erzeugt, welche über Bauxitvorkommen verfügen und Energie billig bereitstellen können.

Ein wesentlicher Vorteil von Aluminium ist, dass es sehr gut recycelt werden kann. Hierbei liegt der Strombedarf im Vergleich zur Elektrolyse aus Bauxit bei unter 5%<sup>21</sup>. Aktuell stammen weltweit jedoch nur ca. 30 % des Aluminiums aus Recycling. Daher sollte Aluminium möglichst sparsam eingesetzt werden<sup>22</sup>.

### 5.6.6 Kunststoffe

Auch Kunststoffe können bei der Errichtung eines PV-Dachgartens unter bestimmten Voraussetzungen zum Einsatz kommen. Typisch sind zum Beispiel Sonnensegel aus Kunststoffen wie Polyester, ETFE oder PTFE.

PVC- und halogenhaltige Produkte sind nicht zu verwenden, sofern entsprechende PVC-freie Produkte am Markt verfügbar sind<sup>23</sup>.

Hingegen spielen faserverstärkte Kunststoffe in der Baubranche zunehmend eine Rolle. Sie erlauben es, leichte, stabile sowie statisch optimierte Materialien unter geringem Energieeinsatz zu produzieren. Durch die Kombination von Naturfasern aus Flachs, Holz, Hanf und Jute mit technischen Fasern aus Glas, Carbon oder Polyamid lassen sich hochbelastbare Bauteile fertigen<sup>24</sup>.

## 5.7 Statik

### Allgemeine statische Vorgaben bei der Errichtung von PV-Anlagen

Sofern bei einem Neubau eine statische Vorbemessung gem. § 63 Abs. 1 lit. h BO erforderlich ist, muss ein Nachweis der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit der lastaufnehmenden Konstruktion der PV-Anlage gemäß OIB-RL 1 erfolgen. Im Bedarfsfall muss ein rechnerischer Nachweis der Erfüllung des Feuerwiderstands F30 erbracht

werden.

Bei der nachträglichen Errichtung (Sanierung) ist eine Bestandserhebung der Stufe 1 gemäß Leitfaden zur OIB-Richtlinie 1 zu erstellen<sup>25</sup>. Ebenso ist ein Nachweis der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit der lastaufnehmenden Konstruktion gemäß OIB-RL 1 zu erbringen, wenn durch die Anlage eine Lasterhöhung  $\leq 3\%$  erfolgt. Im Bedarfsfall muss auch bei der Sanierung ein rechnerischer Nachweis der Erfüllung des Feuerwiderstands F30 erbracht werden.

### 5.7.1 Möglichkeiten der Installation eines PV-Dachgarten am Dach

#### **Auflastgetragene Errichtung ohne Durchdringung**

Dachdurchdringungen stellen immer ein gewisses Risiko hinsichtlich der Dichtigkeit des Daches dar. In den letzten Jahren gab es betreffend der Dachabdichtung viele neue und innovative Lösungen und Verfahren. Trotzdem sollten Dachdurchdringungen, vor allem bei der Sanierung und bei der nachträglichen Errichtung, auf ein nötiges Minimum reduziert werden.

Wenn es die Dachflächen zulassen, können PV-Dachgärten auch durchdringungsfrei errichtet werden. Hierbei wird der PV-Dachgarten allein durch sein Eigengewicht am Dach fixiert. Neben dem Eigengewicht der Konstruktion wird ein Gutteil der erforderlichen Auflast durch das Substrat der Pflanztröge geleistet. Unabhängig vom Standort des Dachgartens ist jedenfalls eine statische Bemessung der Auflast notwendig! Diese ist zwingend auf die lokalen Gegebenheiten wie die zu erwartenden Windlasten, Windsog und Schneelasten abzustimmen. Kommen Kletterpflanzen und Kletterhilfen sowie andere große Pflanzen wie große Gehölze und Bäume zum Einsatz, sind auch diese in die Berechnungen miteinzubeziehen.

Für leichte Dachsubstrate kann ein Trockengewicht von mind.  $600 \text{ kg/m}^3$  angenommen werden, bei Wassergesättigten sind hingegen Gewichte ab  $900 \text{ kg/m}^3$  üblich. Klassische Dachsubstrate haben Trockengewichte von ca.  $800\text{-}1000 \text{ kg}$  und weisen wassergesättigt ein Gewicht von  $1250$  bis  $1800 \text{ kg/m}^3$  auf.

Zur Auflastberechnung ist das Trockengewicht in eingebautem Zustand (verdichtet) heranzuziehen. Häufig ist dieses Gewicht bei den Hersteller\*innen oder Lieferant\*innen zu erfragen, da es sich nicht in den Datenblättern findet.

Wenn es die möglichen Dachlasten zulassen, ist auch eine gezielte Erhöhung des Substratgewichts durch Zuschlagstoffe (Splitt, Kies) möglich. So kann zum Beispiel eine Schüttdrainage aus Kies hergestellt werden, wodurch die Auflast an die Erfordernisse angepasst werden kann.

Auch der Aufbau der begehbaren Oberflächen kann als Auflast genutzt werden. Hierbei muss eine lastverteilende Struktur unter den begehbaren Belägen, z.B. einer ungebundenen Pflasterfläche, eingebaut werden. Unterschiedliche Hersteller\*innen bieten Systemlösungen für diese Form der Auflastmontage an, wobei Kunststoffplatten oder Metallgitter unter der Drainageschicht der Wegebeläge die Funktion der Lastverteilung übernehmen.

Grundsätzlich ist auch eine klassische Fundamentierung der Dachgartenstruktur durch ein Betonfundament möglich. Hierzu können Betonfertig-

teile genutzt werden, aber auch die Ausbildung eines Streifenfundaments mit Ortbeton ist möglich. Dabei ist darauf zu achten, dass die Fundamentierung die Wasserableitung nicht behindert. Dies ist durch den Einsatz von Drainageelementen als „verlorene Schalung“ möglich, wobei das Betonfundament auf die Drainageelemente aufgesetzt wird. Die Zulässigkeit dieser Bauform ist jedenfalls mit den Hersteller\*innen zu klären.

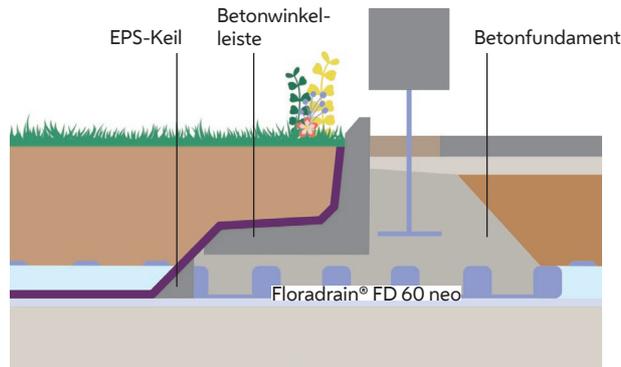


Abb. 32: Auflastverankerung mit einem Betonfundament aus Ort- und Fertigbeton (GREEN4CITIES nach ZINCO, 2024)

### Kombinierte Montage

Je nach örtlichen Gegebenheiten kann auch eine Kombination aus Auflast- und Dachdurchdringungen erforderlich sein. Hierbei wird ein Teil der Lasten über Auflastverankerung abgeleitet. Darüberhinausgehende Lasten, vor allem Windlasten, werden durch punktuelle Verschraubungen mit der Dachkonstruktion ausgeführt. Durch diese kombinierte Befestigung kann die Tragfähigkeit des Daches bestmöglich genutzt werden, gleichzeitig wird die Anzahl der Durchdringungen auf ein nötiges Minimum reduziert.

### Zusätzliche Befestigung der Konstruktion an Fassaden

Durch eine zusätzliche Befestigung der Dachgartenstruktur an angrenzenden Fassaden kann das Kipprisiko, vor allem bei hohen Schnee- und Windlasten, reduziert werden. Bei der Aufstellung des Dachgartens direkt an Fassaden muss jedoch besonders auf die ausreichende Belichtung der angrenzenden Innenräume geachtet werden. Auch das Wachstum eventueller Kletterpflanzen und Gehölze ist dabei zu berücksichtigen. Der Anschluss an das Gebäude bzw. die Gebäudefassade ist so auszuführen, dass es zu keiner Durchfeuchtung der Wand kommen kann (ausreichendes Gefälle und fachgerechte Abdichtung der Anschlussstellen). Je nach örtlichen Gegebenheiten kann ein Abspannen der Struktur einen ähnlichen Effekt haben.

Neben den üblichen auftretenden Lasten sollten auch Zusatzbelastungen durch Wartungspersonal sowie durch unerlaubtes Beklettern in die Dimensionierung miteinbezogen werden. Vor allem im schulischen Bereich sollten PV-Module eingesetzt werden, welche über eine erhöhte Bruchlast verfügen. Hochwertige PV-Module weisen oft einen „Mechanical Load“ von 5400 Pa/m<sup>2</sup> auf, was ca. 550 Kg/m<sup>2</sup> entspricht.

Für technisch getrocknete Kanthölzer müssen ca. 3,1 MJ/kg Energie aufgebracht werden. Der Bedarf an grauer Energie für natürlich getrocknete Kanthölzer liegt bei etwa der Hälfte<sup>20</sup>.

### 5.6.5 Aluminium

Auch Aluminium kann für die Errichtung eines PV-Dachgartens genutzt werden. Aluminium ist leichter als Stahl, es bildet bei Sauerstoffkontakt eine Oxidschicht aus, welche das darunterliegende Material vor weiterer Korrosion schützt. Aluminiumprofile können aufgrund ihrer geringen Härte, ähnlich wie Holz, relativ einfach auf der Baustelle bearbeitet werden. Mit Hartmetallsägen kann das Profil geschnitten werden, auch ein Verschrauben der Profile ist möglich.

Aluminiumgewinnung durch Elektrolyse aus Bauxit weist einen sehr hohen Energieeinsatz von etwa 210 MJ/kg auf. Somit wird für die Herstellung von einem kg Aluminium gleich viel Energie benötigt wie für die Erzeugung von 120 kg natürlich getrocknetem Holz. Bei der Herstellung von Aluminium entstehen im Vergleich zu anderen Metallen besonders viele giftige Abfallstoffe wie Arsen, Quecksilber, Cadmium und sogar radioaktive Stoffe wie Uran und Thorium. Auch die Natronlauge, mit der das Aluminium aus dem Bauxit gelöst wird, ist stark ätzend. Aluminium wird oft in Schwellenländern erzeugt, welche über Bauxitvorkommen verfügen und Energie billig bereitstellen können.

Ein wesentlicher Vorteil von Aluminium ist, dass es sehr gut recycelt werden kann. Hierbei liegt der Strombedarf im Vergleich zur Elektrolyse aus Bauxit bei unter 5%<sup>21</sup>. Aktuell stammen weltweit jedoch nur ca. 30 % des Aluminiums aus Recycling. Daher sollte Aluminium möglichst sparsam eingesetzt werden<sup>22</sup>.

### 5.6.6 Kunststoffe

Auch Kunststoffe können bei der Errichtung eines PV-Dachgartens unter bestimmten Voraussetzungen zum Einsatz kommen. Typisch sind zum Beispiel Sonnensegel aus Kunststoffen wie Polyester, ETFE oder PTFE.

PVC- und halogenhaltige Produkte sind nicht zu verwenden, sofern entsprechende PVC-freie Produkte am Markt verfügbar sind<sup>23</sup>.

Hingegen spielen faserverstärkte Kunststoffe in der Baubranche zunehmend eine Rolle. Sie erlauben es, leichte, stabile sowie statisch optimierte Materialien unter geringem Energieeinsatz zu produzieren. Durch die Kombination von Naturfasern aus Flachs, Holz, Hanf und Jute mit technischen Fasern aus Glas, Carbon oder Polyamid lassen sich hochbelastbare Bauteile fertigen<sup>24</sup>.

## 5.7 Statik

### Allgemeine statische Vorgaben bei der Errichtung von PV-Anlagen

Sofern bei einem Neubau eine statische Vorbemessung gem. § 63 Abs. 1 lit. h BO erforderlich ist, muss ein Nachweis der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit der lastaufnehmenden Konstruktion der PV-Anlage gemäß OIB-RL 1 erfolgen. Im Bedarfsfall muss ein rechnerischer Nachweis der Erfüllung des Feuerwiderstands F30 erbracht

## 5.8 Ausführung Elektrotechnik bei öffentlichen Gebäuden der Stadt Wien

Die Elektroinstallationen sind nach den geltenden gesetzlichen Vorschriften, Anschlussbedingungen des zuständigen EVU und den Ausführungsbestimmungen der MA 34 herzustellen. Die Freischalteinrichtung für die PV-Module ist unmittelbar nach Eintritt der Gleichstromleitungen in das Haus auszuführen. Die Schaltung ist so auszuführen, dass bei Netzabschaltung z.B. durch die Feuerwehr, kein Gleichstrom der PV-Anlage in das Haus gelangt. Die Verrohrung und Verkabelung der DC-Leitungen im Außenbereich sind UV-beständig auszuführen. Das Leitungssystem ist für Außentemperaturen bis zu 70°C auszulegen.

### Wechselrichter

Der Wechselrichter ist als Strangwechselrichter auszulegen. Der Wechselrichter muss über eine optische Möglichkeit der Anlagenüberprüfung, eine Schnittstelle zur Datenauswertung und Anlagenüberprüfung, eine integrierte Netzüberwachung, Isolationsüberwachung und einen integrierten DC-Überspannungsschutz verfügen. Zur Sicherung aller relevanten Daten ist ein Datenlogger vorzusehen. Der Datenlogger muss über eine Kommunikationsschnittstelle zur Anbindung an das Inter- bzw. Intranet verfügen.

**Display/Anzeige:** Im Eingangsbereich des Gebäudes ist nach Angaben der Magistratsabteilung 34 eine LCD/LED -Großanzeige zur Präsentation folgender Anlagendaten auszuführen:

- Aktuelle Leistung
- Gesamtenergiebetrag
- Eingesparte CO<sub>2</sub>-Emissionen

## 5.9 Möblierung

Die Möblierung eines PV-Dachgartens sollte modular sein und auf die Bedürfnisse der jeweiligen Schulform eingehen. Sitz- und Tischhöhen sind an das Kinderalter bzw. die Schulstufe anzupassen. Dunkle Sitzflächen können sich im Sommer enorm aufheizen und sind daher zu vermeiden. Eine klassische Bestuhlung für Frontalunterricht aus Tischen und Sesseln in Reihen ist für einen PV-Dachgarten wenig geeignet. Es ist davon auszugehen, dass die Freiraumklasse häufig für interaktive und kreative Formate genutzt wird.

Auf scharfe Kanten sollte bei den Möbeln verzichtet werden. Darüber hinaus ist bei der Materialwahl auf eine möglichst hohe Haltbarkeit im Freien zu achten. Das betrifft vor allem die UV- und Witterungsbeständigkeit sowie das Splitterverhalten bei Holz.

Wandelbare Möbel, die sowohl als Sitzelement, Tisch, Tribüne oder Podest genutzt werden können, gehen besonders gut auf die unterschiedlichen Unterrichtsformen ein. Bei einer Nutzung mit Straßenschuhen ist jedoch mit einer Verschmutzung der Sitzflächen zu rechnen. Situationsabhängig kann eine Fixierung der Möbel erforderlich sein. Sind die Möbel auf der Terrasse frei verschiebbar, können diese als Aufstiegshilfe genutzt werden. In diesem Fall müssen alle Aufstiegshilfen und Absturzsicherungen wie Geländer und Brüstungen an die Möbelhöhe angepasst werden. Achtung: Auch ein Aufstieg auf den PV-Dachgarten kann durch die Möbel erleichtert werden.

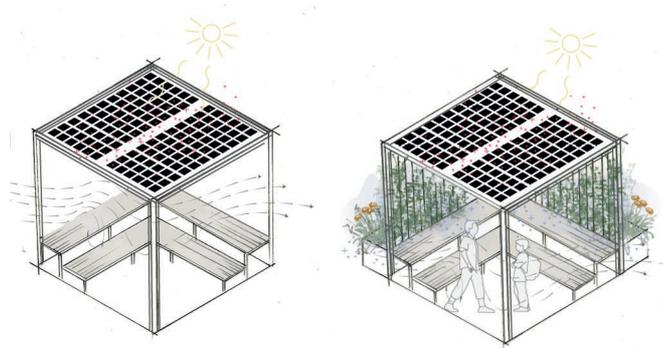


Abb. 33: Beispiel für ein fest installiertes Möbel in einem PV-Dachgartenmodul (GREEN4CITIES, 2022)

## 5.10 Beläge

Die Beläge in einem PV-Dachgarten sollten resistent gegenüber Säure, Tausalz und Frost sein. Rutschhemmungs-Platten sind nach Erfordernis vorzusehen. Bodenbeläge und Gitterroste (Trittstufen) in Außenanlagen sollten die Rutschhemmklasse R 11 bzw. alternativ R10/V4 aufweisen, offene Rampen müssen der Klasse R 12 bzw. alternativ R11/V4 entsprechen. Die Wahl hellerer Beläge verursacht eine geringere Hitzeentwicklung auf der Belagsoberfläche und verbessert somit auch das Mikroklima. Eine Albedo von 0,4 soll jedoch nicht überschritten werden, um eine irritierende Blendwirkung zu vermeiden.

## 5.11 Bewässerung, Nährstoffversorgung, Pflanzenschutz

Eine Bewässerung ist ein essenzielles Element eines PV-Dachgartens. Nur mit einer automatischen Bewässerungsanlage kann sichergestellt werden, dass die Vegetation im PV-Dachgarten langfristig vital bleibt. Dies gilt vor allem für die Sommermonate. Hier ist aufgrund der Hitze das Ausfallrisiko am höchsten, gleichzeitig sind nur wenige Personen in der Schule anwesend. Daher sollten alle Pflanztröge automatisch bewässert werden.

Davon ausgenommen sind Schüler\*innen(hoch)beete, da die Tropfschläuche bei der Bepflanzung und Pflege durch die Kinder beschädigt werden können. Alternativ kann eine Unterflurbewässerung eingesetzt werden. Wird keine Bewässerung der Schülerbeete vorgesehen und ist ein manuelles Gießen im Sommer nicht möglich, sollten Früh-Kulturen angebaut werden, die vor den Ferien geerntet werden. Eine Neubepflanzung mit Herbst- und Winterkulturen nach den Ferien ist natürlich ebenso möglich, ist jedoch vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeitsfrage gut abzuwägen.

Bei Bewässerungssystemen, die mit Trinkwasser aus dem Hauswassernetz versorgt werden sollen, ist ein Systemtrenngerät der Bauart BA gemäß ÖNORM EN 1717 vor dem Druckminderer einzubauen. Gartenwasserleitungen sind darüber hinaus mit einem Subwasserzähler auszustatten. PLT-Rohre müssen mindestens eine Druckbeständigkeit von 10 bar aufweisen. Leitungen zu Trinkmöglichkeiten und Bewässerungsleitungen müssen getrennt geführt werden.

Die Leitungen im Freiraum müssen entleerbar sein. Je nach Vegetation im PV-Dachgarten ist eine Winterbewässerung vorzusehen, vor allem wenn Gehölze und Kletterpflanzen zum Einsatz kommen. Hierbei ist eine auto-

matistische Entleerung vorzusehen, z.B. über ein automatisches Entwässerungsventil, das sich bei Unterschreitung eines Wasserdrucks öffnet.

Um den Wasserbedarf bei großen und aufwändigen PV-Dachgartenanlagen gering zu halten, sollte eine automatische Bewässerung mit Regen- und Bodenfeuchtesensoren vorgesehen werden.

### **5.11.1 Typische Bewässerungssysteme für Trog- und Kübelpflanzen**

#### **Bewässerung mit Bevorratung ohne Pumpe**

Hierbei wird Wasser aus einem Gefäß, z.B. einer Regentonne oder auch kleinen Wasserspeichern wie Eimern und Flaschen, ohne den Einsatz einer Pumpe in den Pflanztroge geleitet.

Eine verbreitete Lösung stellt die Nutzung einer Flasche als Wasserspeicher dar. Zuerst wird ein kleines Loch in den Deckel der Flasche gestochen oder gebohrt. Diese Flasche wird dann verkehrt und verschlossen in das Substrat gesteckt. Das Wasser rinnt langsam über das Loch im Deckel in das Substrat. Die Bewässerungsmenge kann dabei über die Größe des Loches reguliert werden. Der Wasservorrat ist jedoch sehr beschränkt, so dass eine regelmäßige manuelle Nachfüllung des Wassers unabdingbar ist.

Eine weitere Bewässerungsart, welche die Gravitation nutzt, sind Tonkegel, welche mit einer Flasche oder einem anderen Gefäß mit Wasser versorgt werden. Das Wasser muss hierbei durch den Ton hindurchdiffundieren.

Bei der Anstaubewässerung werden die Wurzeln von unten mit Wasser versorgt. Hierzu wird in einem Pflanztroge eine wasserspeichernde Schicht aus einem grobporigen Material hergestellt. Diese Schicht wird dann mit Wasser gesättigt, das Wasser wird über das Substrat und die Wurzeln zur Pflanze befördert.

#### **Bewässerung mit Bevorratung und Pumpe**

Hierbei wird das gespeicherte Wasser mit einer Pumpe aus einem Gefäß entnommen und über ein Wasserverteilungssystem zu den Pflanzen hingeleitet. Die Pumpe kann manuell aktiviert werden, häufig werden jedoch Steuergeräte eingesetzt. Die kostengünstigste und einfachste Lösung ist die Steuerung mit einer Zeitschaltuhr. Der Wasserbedarf kann dabei aber nicht an das Wetter oder die Jahreszeit angepasst werden. Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl an unterschiedlichen Bewässerungssteuerungen. Einfache Bewässerungssteuerungen verfügen nur über eine saisonale Anpassung. Hierbei wird die Wassermenge an die Jahreszeit angepasst. Alternativ können Bewässerungssteuerungen sensorgestützt ausgeführt werden. Unterschiedliche Sensoren wie Thermometer, Hygrometer, Regensensoren oder Bodenfeuchtigkeitssensoren werden mit einem Kabel oder per Funk mit dem Steuergerät verbunden und liefern die erforderlichen Daten. Eine weitere Möglichkeit sind Steuerungen, welche auf aktuelle Wetterdaten zugreifen, hierzu ist eine Internetverbindung notwendig.

#### **Bewässerung von Schüler\*innenbeeten**

Wird ein Beet durch Schüler\*innen gepflegt, besteht immer ein gewisses Risiko, dass durch Pflegearbeiten oder beim Setzen von Pflanzen die Bewässerungsleitungen beschädigt werden. Daher ist hier abzuwägen, ob eine automatische Bewässerung installiert werden kann oder nicht. Eine Option stellt hierbei die Herstellung einer temporären Sommerbewässerung dar. So kann ein Perl- oder Tropfschlauch vor den Ferien instal-

liert werden, damit die Pflanzen mit Wasser versorgt werden, wenn die Schüler\*innen nicht anwesend sind. Bei Schulbeginn wird der Schlauch demontiert. Auch Anstaubewässerung (im Sinne eines geschlossenen, waagrecht ausgerichteten Bewässerungsverfahrens) eignet sich gut für Schüler\*innenbeete.

### **5.11.2 Wasserverteilung**

Die Wasserverteilung im PV-Dachgarten kann auf unterschiedlichste Art erfolgen. Im folgenden Abschnitt werden die gängigsten Methoden aufgezeigt.

#### **Einzeltröpfer**

Ein Schlauch wird mit Tröpfnern ausgestattet. Der Abstand kann frei gewählt werden. Es gibt einstellbare Tröpfer und Tröpfer mit einer festen Durchflussrate. Druckkompensierte Tröpfer gleichen Druckunterschiede im System aus. Sie eignen sich besonders gut, wenn es Höhenunterschiede zwischen den einzelnen Tröpfnern im System gibt.

#### **Tropfrohre**

Die Funktion ist mit den Einzeltröpfnern ident, jedoch sind hier die Tröpfer direkt im Schlauch eingebaut. Der Abstand der Öffnungen im Schlauch beträgt meistens zwischen 20 und 33 Zentimeter. Die Wasserabgabe je Tröpfer liegt bei zwei bis drei Litern pro Stunde. Tropfrohre werden meistens oberirdisch verlegt, es gibt aber auch Tropfrohre, welche im Boden eingebaut werden können.

#### **Perlschläuche**

Hierbei handelt es sich um Schläuche aus Gummi, die über sehr kleine Öffnungen verfügen. Der ganze Schlauch ist dabei porös. Durch die kleinen Poren kann das Wasser langsam und perlenartig austreten. Perlschläuche können üblicherweise oberirdisch und unterirdisch verlegt werden. Die Haltbarkeit ist häufig geringer als bei Tropfschläuchen.

#### **Sprüher und Sprinkler, Sprühschläuche**

Bei sog. Sprühern, Sprinklern, Neblern und Bublern wird das Wasser an der Oberfläche verspritzt. Sprühschläuche sind runde oder flache Kunststoffschläuche mit kleinen Löchern, aus denen Wasser spritzt. Sie eignen sich eher für große Flächen und Beete.

Die Nutzung von Nicht-Trinkwasser (Brauchwasser, Regenwasser) bei Sprinklern kann problematisch sein, da Menschen leichter als bei Tröpfnern mit eventuell verunreinigtem Wasser in Berührung kommen können. So besteht insbesondere beim unbeaufsichtigten Spiel von Kindern und Jugendlichen das Risiko, dass Wasser, welches z.B. mit Legionellen verunreinigt ist, oral aufgenommen wird.

### **5.11.3 Besonderheit: Wasserleitungen für pädagogisch genutzte Dachterrassen und Gründächer der Stadt Wien**

In Abhängigkeit zur Größe des Daches sind ein oder mehrere Wasseranschlüsse zur Bewässerung auszuführen. Alle intensiven Begrünungen sind zur Sicherstellung einer durchgängigen Wasserversorgung mit einer automatischen Bewässerung auszustatten.

Die Einschaltung der Gartenleitung für Dachterrassen und Gründächer

an der Trinkwasser-Verteilung im Gebäude ist über ein dazwischen geschaltetes Systemtrenngerät der Bauart BA gemäß ÖNORM EN 1717 anzuschließen und vor dem Druckminderer der zu versorgenden Innenwasserleitung zu installieren. Die Steigleitung der zu bewässernden Dachterrassen und Gründächer ist als eigene und von allen anderen Trinkwasser-Verbrauchsleitungen getrennte Leitung zu führen. Die Ausführung der Entnahmestellen (Auslaufventile) sind mittels Schlüsselbetätigung zu sichern und mit der Aufschrift „Kein Trinkwasser“ gemäß ÖNORM Z 1000 zu beschriften. Die Wasserleitung ist so zu installieren, dass sie komplett im Gebäude entleerbar ist.

#### 5.11.4 Wassersammlung im PV-Dachgarten

Die glatte, geschlossene Oberfläche von PV-Modulen eignet sich sehr gut für das Sammeln von Regenwasser. Das Wasser kann hierbei zum Beispiel mit einer Regenrinne zu einem Fallrohr geleitet und dann gesammelt werden. Anschließend kann es entweder manuell (mit einer Gießkanne) oder automatisch (mit einer Pumpe) entnommen und für die Pflanzen verfügbar gemacht werden. Aber auch ein direktes Einleiten des Regenwassers in die Pflanzbeete ist möglich. Hierbei wird das Wasser in den Pflanztrog geleitet und in einer Anstauenebene gespeichert. Auch eine Kombination von Speicherung und Anstau ist möglich, wobei das Wasser zuerst in eine Zisterne geleitet und dann bei Bedarf in das Pflanzbeet weitergeleitet wird.

Bei der direkten Einleitung muss darauf geachtet werden, dass die Pflanzflächen im Falle eines Starkregenereignisses nicht überwässert oder gar überflutet werden. Hierzu können Drosseln in den Zulauf eingebaut werden. Sogenannte Regentonnen-Füllautomate oder Fallrohrfilter können für diesen Zweck eingesetzt werden. Diese Geräte filtern das Niederschlagswasser und leiten nur einen Teil des Wassers über einen Anschluss in das Beet oder die Regentonne.

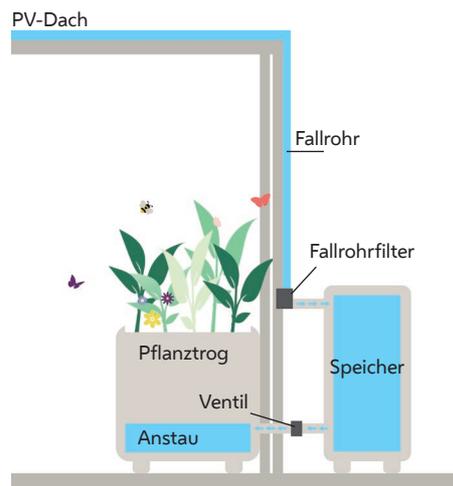


Abb. 34: Schematische Darstellung einer Anstaubewässerung mit Speicher (GREEN4CITIES, 2024)

#### 5.11.5 Wasserhygiene

Regenwasser eignet sich aufgrund seiner chemischen Eigenschaften hervorragend als Gießwasser, darüber hinaus wird wertvolles Trinkwasser eingespart. Hierbei sollten jedoch einige Bedingungen beachtet werden:

Wird Niederschlagswasser in einem Speicher am Dach gesammelt, kommt es unweigerlich zu Stagnation. Dachspeicher können sich durch

die große Strahlung am Standort stark erwärmen. Durch Vogelkot und andere Verunreinigung wie Laub und Staub auf den PV-Modulen gelangen Keime und Bakterien in den Speicher. Das warme Wasser bietet diesen Organismen beste Voraussetzungen zur Vermehrung.

Somit muss jedenfalls darauf geachtet werden, dass Kinder und Jugendliche nicht (unbeaufsichtigt) in Kontakt mit dem Wasser kommen können. So ist unbedingt darauf zu achten, dass es zu keiner oralen Aufnahme des Wassers kommt. Ob eine Regenwassersammlung und ein manuelles Gießen möglich sind, sollte individuell entschieden werden und hängt auch von der Schulform ab.

Durch den Einsatz einer Unterflurbewässerung (unterirdische Tropf- und Perlschläuche, Anstau) kann ein Kontakt mit dem eventuell verunreinigten Wasser vermieden werden. Hierzu wird das Wasser durch Schwerkraft oder durch eine Pumpe aus dem Speicher entnommen und durch unterirdische Leitungen in den Substratkörper oder die Drainageebene geleitet. Das Wasser kann von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden. Darüber hinaus handelt es sich bei Unterflurbewässerungen üblicherweise um wassersparende Systeme.

Jedoch sollte Wasser, das über längere Zeit in einem Tank gespeichert wurde, in keinem Fall mit Regnern oder Sprühschläuchen verspritzt werden, da die Aerosole Legionellen enthalten können, welche durch das Einatmen in die Lunge gelangen können.

### **5.11.6 Nährstoffversorgung**

Vitale Pflanzen benötigen für ein gesundes Wachstum ausreichend Nährstoffe. Die Hauptnährstoffe sind Stickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium, Kalzium und Schwefel. Darüber hinaus gibt es noch weitere Spurennährstoffe wie Eisen, Mangan, Kupfer oder Zink, von denen Pflanzen nur geringe Mengen benötigen.

Diese können mittels Dünger in fester als auch in flüssiger Form verabreicht werden. Bei der Düngung sollte jedoch darauf geachtet werden, dass es sich um einen ökologischen Dünger handelt. Hierzu zählen zum Beispiel Kompost, Wurmhumus, Pflanzenjauchen sowie Dünger, die für die biologische Landwirtschaft zugelassen sind.

### **5.11.7 Pflanzenschutz**

Pflanzenschutz hat das Ziel, Schäden und eventuelle Ertragsminderungen zu vermeiden oder bestmöglich zu reduzieren. Hierzu sollen in einem pädagogisch genutzten Garten nur ökologische Mittel zum Einsatz kommen, da ein naturnaher und biodiverser Dachgarten grundsätzlich resistenter gegen Schädlinge und Krankheiten ist. Pflanzenschädlinge haben natürliche Feinde, umgangssprachlich „Nützlinge“ genannt, welche die Schädlinge fressen und so die Pflanzen von ihrem Befall befreien. Diese können bei Bedarf im Fachhandel erworben werden, können sich aber auch, wie Marienkäfer oder Schlupfwespen, von selbst im Dachgarten ansiedeln, insofern die ökologischen Bedingungen für sie passen.

Wenn der Schädlingsbefall zu stark ausfällt, können auch ökologische Spritz- und Gießmittel eingesetzt werden. Hierbei ist jedenfalls darauf zu achten, dass die Pflanzenschutzmittel absolut ungefährlich für Menschen sind.

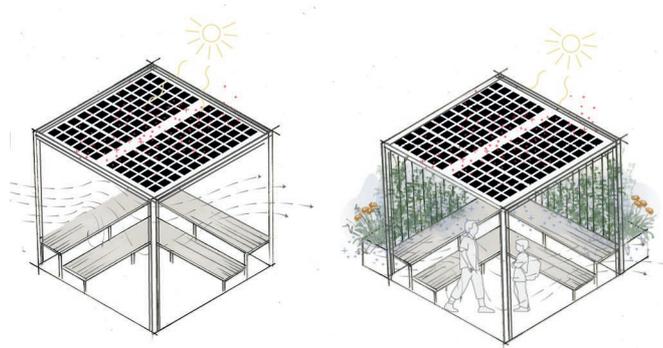


Abb. 33: Beispiel für ein fest installiertes Möbel in einem PV-Dachgartenmodul (GREEN4CITIES, 2022)

## 5.10 Beläge

Die Beläge in einem PV-Dachgarten sollten resistent gegenüber Säure, Tausalz und Frost sein. Rutschhemmungs-Platten sind nach Erfordernis vorzusehen. Bodenbeläge und Gitterroste (Trittstufen) in Außenanlagen sollten die Rutschhemmklasse R 11 bzw. alternativ R10/V4 aufweisen, offene Rampen müssen der Klasse R 12 bzw. alternativ R11/V4 entsprechen. Die Wahl hellerer Beläge verursacht eine geringere Hitzeentwicklung auf der Belagsoberfläche und verbessert somit auch das Mikroklima. Eine Albedo von 0,4 soll jedoch nicht überschritten werden, um eine irritierende Blendwirkung zu vermeiden.

## 5.11 Bewässerung, Nährstoffversorgung, Pflanzenschutz

Eine Bewässerung ist ein essenzielles Element eines PV-Dachgartens. Nur mit einer automatischen Bewässerungsanlage kann sichergestellt werden, dass die Vegetation im PV-Dachgarten langfristig vital bleibt. Dies gilt vor allem für die Sommermonate. Hier ist aufgrund der Hitze das Ausfallrisiko am höchsten, gleichzeitig sind nur wenige Personen in der Schule anwesend. Daher sollten alle Pflanztröge automatisch bewässert werden.

Davon ausgenommen sind Schüler\*innen(hoch)beete, da die Tropfschläuche bei der Bepflanzung und Pflege durch die Kinder beschädigt werden können. Alternativ kann eine Unterflurbewässerung eingesetzt werden. Wird keine Bewässerung der Schülerbeete vorgesehen und ist ein manuelles Gießen im Sommer nicht möglich, sollten Früh-Kulturen angebaut werden, die vor den Ferien geerntet werden. Eine Neubepflanzung mit Herbst- und Winterkulturen nach den Ferien ist natürlich ebenso möglich, ist jedoch vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeitsfrage gut abzuwägen.

Bei Bewässerungssystemen, die mit Trinkwasser aus dem Hauswassernetz versorgt werden sollen, ist ein Systemtrenngerät der Bauart BA gemäß ÖNORM EN 1717 vor dem Druckminderer einzubauen. Gartenwasserleitungen sind darüber hinaus mit einem Subwasserzähler auszustatten. PLT-Rohre müssen mindestens eine Druckbeständigkeit von 10 bar aufweisen. Leitungen zu Trinkmöglichkeiten und Bewässerungsleitungen müssen getrennt geführt werden.

Die Leitungen im Freiraum müssen entleerbar sein. Je nach Vegetation im PV-Dachgarten ist eine Winterbewässerung vorzusehen, vor allem wenn Gehölze und Kletterpflanzen zum Einsatz kommen. Hierbei ist eine auto-

## 5.12 Vegetationstechnische Anforderungen für PV-Dachgärten auf Gebäuden der Stadt Wien

Darüber hinaus sind für Dachbegrünungen auf Gebäuden der Stadt Wien einige Vorgaben und Richtwerte zu beachten. So sollen Nistflächen für Gebäudebrüter vorgesehen werden. Eine Mindestaufbauhöhe der Begrünung von 19 cm (ÖNORM L1131) ist zwingend einzuhalten. Die Wasserspeicherfähigkeit des Substrats muss mindestens 15 % in der Drainage betragen. Intensivbegrünungen müssen eine Wasserspeicherfähigkeit von 45%, Extensivbegrünungen eine Speicherfähigkeit von 35% aufweisen.

Es sind entleerbare Wasseranschlüsse in ausreichender Anzahl und in frostsicherer Ausführung vorzusehen. Diese sollten auf zugänglichen Terrassen zusätzlich absperrbar sein. Ein Abflussbeiwert von 0,1 bei intensiven-, sowie 0,3 bei extensiven Gründächern darf generell nicht überschritten werden.

Die ausführende Firma ist mindestens bis zum Ende der Schlussfeststellung mit der vollumfänglichen Anwuchs- und Entwicklungspflege zu beauftragen. Zudem wird empfohlen, die anschließende Erhaltungspflege durch einen eigenen Pflegevertrag zu vergeben.

## 5.13 Brandschutz

### **Brandschutz bei PV-Anlagen gem. Merkblatt Photovoltaikanlagen<sup>26</sup>**

Als Stand der Technik sind die Bestimmungen der ÖVE-Richtlinie R 11-1:2013-03-01 (PV-Anlagen – Zusätzliche Sicherheitsanforderungen; Teil 1: Anforderungen zum Schutz von Einsatzkräften) einzuhalten. Die Lage des PV-Wechselrichters (DC-Schaltung direkt am PV-Modul oder direkt nahe der Dacheinführung der DC-Leitung) ist eindeutig am Einreichplan darzustellen. Bauliche Maßnahmen gemäß Punkt 5.2 der ÖVE-Richtlinie R 11-1:2013-03-01 dürfen nur umgesetzt werden, wenn:

- die tragenden und aussteifenden Bauteile der Dachkonstruktion eine Feuerwiderstandsdauer von mind. R 30 aufweisen; dies ist nicht erforderlich, wenn die Leitungslänge zwischen Wechselrichter und zugehörigen PV-Modulen möglichst kurz ist;
- eine öffentliche Gefährdung (z.B. Absturz der Module) nicht berücksichtigt werden muss;
- keine Personenrettung durch mit PV-Modulen belegte Bereiche erfolgen muss;
- ein gefahrenloser Zugang zu den PV-Modulen möglich ist (z.B. Freistreifen, Vorhandensein
- von Absturzsicherungen) und
- die Leitungsverlegung außerhalb von gefährdeten Bereichen (z.B. brand- und explosionsgefährdete Bereiche) erfolgt.

PV-Module und PV-Anlagenbestandteile müssen zur Grundgrenze einen allseitigen Abstand von mindestens 1 m aufweisen. Hierzu können auch Blindpaneele in der Klassifizierung des Brandverhaltens A2 gemäß ÖNORM EN 13501-1 eingesetzt werden. Diese weisen die Optik eines PV-Moduls auf, erzeugen aber keinen Strom. Darüber hinaus müssen PV-Module und PV-Anlagenbestandteile zu Dachausstiegen u.dgl. (ausgenommen Dachflächenfenster) im Bereich der Standfläche einen Abstand von

mindestens 3 m aufweisen. Sofern ein Kamin bzw. Rauch- und Wärmeabzugsanlage mit Rauchabzügen vorhanden ist, darf die PV-Anlage den Rauch- und Wärmeabzug nicht behindern. Dies ist sichergestellt, wenn die PV-Module und PV-Anlagenteile einen allseitigen seitlichen Abstand von mindestens 1 m um Kamine/Rauchabzüge einhalten.

PV-Module und spannungsführende Anlagenteile müssen zu Rauchfangkehrerstegen einen allseitigen seitlichen Abstand von mindestens 1 m aufweisen. Sie dürfen die Funktion von Fängen, Rauch- und Abgasströmen, Zu- und Abluft von Lüftungs- und Klimaanlage nicht behindern und nicht oberhalb solcher Bau- und Anlagenteile angeordnet werden.

Die am Dach errichteten PV-Module müssen der Klasse BROOF (t1) gemäß ÖNORM EN 13501-5 entsprechen (standhaft gegen Flugfeuer und strahlende Wärme).

Bei Unsicherheiten sind die Kompetenzentwickler\*innen Brandschutz (MA37 KSB) informell in die Beurteilung einzubeziehen.

Werden PV-Anlagen/Module an der Fassade errichtet, ist jedenfalls eine Stellungnahme der MA 37 einzuholen.

### **5.13.1 Brandschutz bei Dachbegrünungen bzw. bei bauwerksbezogener Vegetation**

Wird der PV-Dachgarten als flächige, intensive Begrünung ausgeführt, gilt es die ÖNORM L1131 zu beachten. An- und Abschlüsse zu Dachrändern und aufsteigenden Bauteilen sowie anderen Elementen sind mit 30-50 cm breiten Kiesstreifen oder anderen vegetationsfreien Materialien wie Betonplatten auszuführen.

Vitale, gut mit Wasser versorgte Pflanzen und auch Kletterpflanzen stellen eine kleine Brandlast dar. Durch regelmäßige Pflege sowie das Entfernen von abgestorbenem Pflanzenmaterial kann das Brandrisiko minimiert werden. Verwahrloste, große Begrünungen mit viel (abgestorbener) Trockenmasse stellen hingegen ein Brandrisiko dar. An dieser Stelle sei auch auf die Untersuchungen hinsichtlich Brandverhalten von Kletterpflanzen der MA 39 hingewiesen: [brandschutz.at/BS/BK\\_19/Adobe/BK\\_19\\_42\\_.pdf](https://brandschutz.at/BS/BK_19/Adobe/BK_19_42_.pdf).

Bei der Situierung von PV-Anlagen auf begrünten Flachdächern sind hoch aufwachsende Pflanzen regelmäßig zu entfernen.

## **5.14 Blendung**

PV-Module verfügen üblicherweise über eine Anti-Reflex-Schicht. Aufgrund der sehr glatten Oberfläche der Module kann ein gewisses Blenden der Anlage nie ganz ausgeschlossen werden. Daher sollte das Thema einer möglichen Blendung in die Planung der PV-Anlage miteinbezogen werden. Dies gilt vor allem dann, wenn die Paneele so montiert werden, dass angrenzende Wohnungen oder der angrenzende Straßenverkehr auf die Moduloberfläche blicken. Zum Beispiel, wenn die Module vertikal montiert werden, oder wenn die Nachbargebäude höher als der PV-Dachgarten sind.

Faustformel: Beträgt der Anstellwinkel der PV-Module zur Horizontalen

## 5.12 Vegetationstechnische Anforderungen für PV-Dachgärten auf Gebäuden der Stadt Wien

Darüber hinaus sind für Dachbegrünungen auf Gebäuden der Stadt Wien einige Vorgaben und Richtwerte zu beachten. So sollen Nistflächen für Gebäudebrüter vorgesehen werden. Eine Mindestaufbauhöhe der Begrünung von 19 cm (ÖNORM L1131) ist zwingend einzuhalten. Die Wasserspeicherfähigkeit des Substrats muss mindestens 15 % in der Drainage betragen. Intensivbegrünungen müssen eine Wasserspeicherfähigkeit von 45%, Extensivbegrünungen eine Speicherfähigkeit von 35% aufweisen.

Es sind entleerbare Wasseranschlüsse in ausreichender Anzahl und in frostsicherer Ausführung vorzusehen. Diese sollten auf zugänglichen Terrassen zusätzlich absperrbar sein. Ein Abflussbeiwert von 0,1 bei intensiven-, sowie 0,3 bei extensiven Gründächern darf generell nicht überschritten werden.

Die ausführende Firma ist mindestens bis zum Ende der Schlussfeststellung mit der vollumfänglichen Anwuchs- und Entwicklungspflege zu beauftragen. Zudem wird empfohlen, die anschließende Erhaltungspflege durch einen eigenen Pflegevertrag zu vergeben.

## 5.13 Brandschutz

### **Brandschutz bei PV-Anlagen gem. Merkblatt Photovoltaikanlagen<sup>26</sup>**

Als Stand der Technik sind die Bestimmungen der ÖVE-Richtlinie R 11-1:2013-03-01 (PV-Anlagen – Zusätzliche Sicherheitsanforderungen; Teil 1: Anforderungen zum Schutz von Einsatzkräften) einzuhalten. Die Lage des PV-Wechselrichters (DC-Schaltung direkt am PV-Modul oder direkt nahe der Dacheinführung der DC-Leitung) ist eindeutig am Einreichplan darzustellen. Bauliche Maßnahmen gemäß Punkt 5.2 der ÖVE-Richtlinie R 11-1:2013-03-01 dürfen nur umgesetzt werden, wenn:

- die tragenden und aussteifenden Bauteile der Dachkonstruktion eine Feuerwiderstandsdauer von mind. R 30 aufweisen; dies ist nicht erforderlich, wenn die Leitungslänge zwischen Wechselrichter und zugehörigen PV-Modulen möglichst kurz ist;
- eine öffentliche Gefährdung (z.B. Absturz der Module) nicht berücksichtigt werden muss;
- keine Personenrettung durch mit PV-Modulen belegte Bereiche erfolgen muss;
- ein gefahrenloser Zugang zu den PV-Modulen möglich ist (z.B. Freistreifen, Vorhandensein
- von Absturzsicherungen) und
- die Leitungsverlegung außerhalb von gefährdeten Bereichen (z.B. brand- und explosionsgefährdete Bereiche) erfolgt.

PV-Module und PV-Anlagenbestandteile müssen zur Grundgrenze einen allseitigen Abstand von mindestens 1 m aufweisen. Hierzu können auch Blindpaneele in der Klassifizierung des Brandverhaltens A2 gemäß ÖNORM EN 13501-1 eingesetzt werden. Diese weisen die Optik eines PV-Moduls auf, erzeugen aber keinen Strom. Darüber hinaus müssen PV-Module und PV-Anlagenbestandteile zu Dachausstiegen u.dgl. (ausgenommen Dachflächenfenster) im Bereich der Standfläche einen Abstand von

mindestens 3 m aufweisen. Sofern ein Kamin bzw. Rauch- und Wärmeabzugsanlage mit Rauchabzügen vorhanden ist, darf die PV-Anlage den Rauch- und Wärmeabzug nicht behindern. Dies ist sichergestellt, wenn die PV-Module und PV-Anlagenteile einen allseitigen seitlichen Abstand von mindestens 1 m um Kamine/Rauchabzüge einhalten.

PV-Module und spannungsführende Anlagenteile müssen zu Rauchfangkehrerstegen einen allseitigen seitlichen Abstand von mindestens 1 m aufweisen. Sie dürfen die Funktion von Fängen, Rauch- und Abgasströmen, Zu- und Abluft von Lüftungs- und Klimaanlage nicht behindern und nicht oberhalb solcher Bau- und Anlagenteile angeordnet werden.

Die am Dach errichteten PV-Module müssen der Klasse BROOF (t1) gemäß ÖNORM EN 13501-5 entsprechen (standhaft gegen Flugfeuer und strahlende Wärme).

Bei Unsicherheiten sind die Kompetenzentwickler\*innen Brandschutz (MA37 KSB) informell in die Beurteilung einzubeziehen.

Werden PV-Anlagen/Module an der Fassade errichtet, ist jedenfalls eine Stellungnahme der MA 37 einzuholen.

### **5.13.1 Brandschutz bei Dachbegrünungen bzw. bei bauwerksbezogener Vegetation**

Wird der PV-Dachgarten als flächige, intensive Begrünung ausgeführt, gilt es die ÖNORM L1131 zu beachten. An- und Abschlüsse zu Dachrändern und aufsteigenden Bauteilen sowie anderen Elementen sind mit 30-50 cm breiten Kiesstreifen oder anderen vegetationsfreien Materialien wie Betonplatten auszuführen.

Vitale, gut mit Wasser versorgte Pflanzen und auch Kletterpflanzen stellen eine kleine Brandlast dar. Durch regelmäßige Pflege sowie das Entfernen von abgestorbenem Pflanzenmaterial kann das Brandrisiko minimiert werden. Verwahrloste, große Begrünungen mit viel (abgestorbener) Trockenmasse stellen hingegen ein Brandrisiko dar. An dieser Stelle sei auch auf die Untersuchungen hinsichtlich Brandverhalten von Kletterpflanzen der MA 39 hingewiesen: [brandschutz.at/BS/BK\\_19/Adobe/BK\\_19\\_42\\_.pdf](https://brandschutz.at/BS/BK_19/Adobe/BK_19_42_.pdf).

Bei der Situierung von PV-Anlagen auf begrünten Flachdächern sind hoch aufwachsende Pflanzen regelmäßig zu entfernen.

## **5.14 Blendung**

PV-Module verfügen üblicherweise über eine Anti-Reflex-Schicht. Aufgrund der sehr glatten Oberfläche der Module kann ein gewisses Blenden der Anlage nie ganz ausgeschlossen werden. Daher sollte das Thema einer möglichen Blendung in die Planung der PV-Anlage miteinbezogen werden. Dies gilt vor allem dann, wenn die Paneele so montiert werden, dass angrenzende Wohnungen oder der angrenzende Straßenverkehr auf die Moduloberfläche blicken. Zum Beispiel, wenn die Module vertikal montiert werden, oder wenn die Nachbargebäude höher als der PV-Dachgarten sind.

Faustformel: Beträgt der Anstellwinkel der PV-Module zur Horizontalen

maximal 15°, ist bei einem Abstand von etwa 15 m zwischen PV-Anlage und gegenüberliegender Hausfassade auch dann keine Blendung zu erwarten, wenn das Haus etwa 1 Stockwerk oder 3 m höher als die PV-Anlage liegt. Bei PV-Anlagen mit einer Neigung kleiner 35° zur Horizontalen ist jedenfalls dann kein Blenden zu erwarten, wenn die gegenüberliegenden bzw. von etwaigen Sonnenreflexionen betroffenen Gebäude nicht höher als die PV-Anlage liegen.

Weicht die geplante PV-Anlage von den oben genannten Werten ab, ist ein Nachweis eines qualifizierten Sachverständigen zu erbringen, dass mit keiner Beeinträchtigung durch Blendung zu rechnen ist<sup>26</sup>.

## 5.15 Blitzschutz

Öffentliche Gebäude sowie denkmalgeschützte Objekte sind in der Regel zu einem normkonformen Blitzschutz verpflichtet. Die Wiener Bauordnung schreibt vor, dass Bauwerke mit Blitzschutzanlagen auszustatten sind, wenn sie wegen ihrer Lage, Größe oder Bauweise durch Blitzschlag gefährdet sind oder wenn der Verwendungszweck oder die kulturhistorische Bedeutung des Bauwerks dies erfordern<sup>27</sup>.

Unter folgendem Link können umfangreiche Informationen zum Thema Blitz- und Überspannungsschutz für Photovoltaik-Anlagen eingesehen werden: [elektrobranche.at/wp-content/uploads/2022/03/ELEKTRObranche.at\\_Fachbeitrag-Photovoltaik-Anlagen.pdf](https://www.elektrobranche.at/wp-content/uploads/2022/03/ELEKTRObranche.at_Fachbeitrag-Photovoltaik-Anlagen.pdf).

Folgende Richtlinien sind für den normgerechten Überspannungsschutz von Photovoltaik-Anlagen zu berücksichtigen<sup>28</sup>:

- Um Überspannungsschäden zu verhindern, wird für PV-Aufdach-Anlagen ein Blitzschutzsystem nach ÖVE/ÖNORM EN 62305-3 (IEC/ EN 62305-3) empfohlen.
- Eine Risikoanalyse nach ÖVE/ÖNORM EN 62305-2 hilft dabei, die Notwendigkeit eines Blitzschutzsystems sowie die erforderliche Blitzschutzklasse zu ermitteln. Dies gilt nur für Fälle, in denen durch weitere Richtlinien, wie beispielsweise die Landesbauordnungen, keine anderen Blitzschutzsysteme gefordert sind.
- Für die Errichtung von PV-Stromversorgungssystemen gelten die Normen der ÖVE E 8101, insbesondere die ÖVE E 8101 - Teil 7-712.
- Wird eine PV-Anlage neu errichtet und an die elektrische Anlage angeschlossen, ist Überspannungsschutz (Typ 2 / class II) auf der AC-Seite nach ÖVE E 8101-443 und ÖVE E 8101 - Teil 7-712 (IEC 60364-4-44 und 60364-7-712) einzusetzen.
- Durch den zusätzlichen Verweis in der ÖVE E8101 - Teil 7-712 auf die ÖVE Richtlinien R 6-2-1 und R 6-2-2, ergibt sich neben der AC-Seite auch auf der DC-Seite die Notwendigkeit eines Überspannungsschutzsystems, um zur Sicherheit des Wechselrichters bei Anlagen mit äußerem Blitzschutzsystem beizutragen.

## 5.16 Absturzsicherung, Vermeiden von Bekletterung

Geländer sind entsprechend der OIB-Richtlinie 4 (Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit) sowie ÖNORM B5371 und Wiener Bauordnung auszuführen.

Die Ausführung ist vorzugsweise aus Metall, möglichst nicht aus Glas vorzunehmen. Ist ein Glaseinsatz fallweise nicht vermeidbar, muss diese mit Vogelschutzglas gem. ONR 191040 ausgeführt werden. Weiters dürfen keine leiterartigen Geländer installiert werden. Die Abstände zwischen den Stäben dürfen bei Stabgitterfeldern maximal 8 cm, bei Netzen maximal 4 cm Maschenweite bzw. 16 cm Maschenumfang betragen. Die Verletzungsgefahr soll auf diese Weise minimiert werden.

Die Handlaufhöhe sollte zwischen 75 cm und 100 cm liegen, bei Mittelschulen wird eine Handlaufhöhe von 90 cm empfohlen. Die Geländerhöhe ab Fußbodenoberkante sollte 120 cm ab der letzten Aufstiegshilfe betragen. Achtung: auch mobile Tische und Sessel gelten als Aufstiegshilfe. Somit ist das Mobiliar entweder fest zu verankern oder, alternativ, die Absturzsicherung entsprechend zu erhöhen.

Im Bereich von 15 bis 60 cm Höhe über der Bodenoberkante (Standfläche) dürfen keine horizontalen oder schrägen Elemente angeordnet sein, die weiter als 3 cm vorspringen. Ausgenommen sind Öffnungen, die schmaler bzw. kleiner als zwei cm sind sowie Netze mit einem Maschenumfang von 16 cm.

Eine nach innen gerichtete, 15 cm auskragende Geländeroberkante erschwert ebenfalls das Übersteigen von Geländern. Für Freiluftklassen von Kindergärten gilt eine Geländerhöhe von 180 cm. Auch die Spielgerätenorm ÖNORM EN 1176 ist zu beachten. Der maximale Abstand von der Trittlfläche zur Geländerunterkante sollte 8 cm betragen. Absturzsicherungen sind an Bedürfnisse anzupassen, Seilsysteme sind nur in Ausnahmefällen auszuführen, da dies zu erhöhtem Wartungsaufwand führt. Die ungesicherte Nutzung der Dachflächen gemäß der Ausstattungsklasse 4 (Nutzung durch Privatpersonen) ist umzusetzen.

Verglasungen, die bis zum Boden reichen sind bis 120 cm Höhe als Verbundssicherheitsglas auszuführen. Das Sicherungssystem darf die Abdichtung jedoch nicht durchdringen. Leitern als Aufstiegshilfe sind zu vermeiden.

### **5.16.1 Vermeiden von ungewolltem Beklettern des PV-Dachgartens und der PV-Module**

Grundsätzlich kann nie ausgeschlossen werden, dass jemand auf einen PV-Dachgarten klettert. Geübte Personen können zum Beispiel auch an vertikalen Elementen emporsteigen, Aufstiegshilfen wie Stühle, Tische oder Mistkübel können zum PV-Dachgarten getragen werden.

Im Zuge der Planung und Ausführung eines PV-Dachgartens sollte man die Bekletterbarkeit der Strukturen daher so schwer wie möglich machen. Hierbei sollten folgende Dinge beachtet werden:

Horizontale Strukturen möglichst hoch bzw. niedrig montieren:

- Pflanzbeete, Sitzelemente, Tische usw. sollten so positioniert werden, dass höhergelegene, horizontale Strukturen nicht erreicht werden können.
- Höhere horizontale Strukturen sollten so positioniert werden, dass sie auch durch Hochspringen nicht erreichbar sind. Für normalgewachsene Menschen sind zum Beispiel Strukturen in einer Höhe von 350 cm nur sehr schwer erreichbar.

Das Beklettern unattraktiv bzw. unangenehm machen:

- Vertikale Strukturen aus einem glatten Material wie lasiertem Holz

maximal 15°, ist bei einem Abstand von etwa 15 m zwischen PV-Anlage und gegenüberliegender Hausfassade auch dann keine Blendung zu erwarten, wenn das Haus etwa 1 Stockwerk oder 3 m höher als die PV-Anlage liegt. Bei PV-Anlagen mit einer Neigung kleiner 35° zur Horizontalen ist jedenfalls dann kein Blenden zu erwarten, wenn die gegenüberliegenden bzw. von etwaigen Sonnenreflexionen betroffenen Gebäude nicht höher als die PV-Anlage liegen.

Weicht die geplante PV-Anlage von den oben genannten Werten ab, ist ein Nachweis eines qualifizierten Sachverständigen zu erbringen, dass mit keiner Beeinträchtigung durch Blendung zu rechnen ist<sup>26</sup>.

## 5.15 Blitzschutz

Öffentliche Gebäude sowie denkmalgeschützte Objekte sind in der Regel zu einem normkonformen Blitzschutz verpflichtet. Die Wiener Bauordnung schreibt vor, dass Bauwerke mit Blitzschutzanlagen auszustatten sind, wenn sie wegen ihrer Lage, Größe oder Bauweise durch Blitzschlag gefährdet sind oder wenn der Verwendungszweck oder die kulturhistorische Bedeutung des Bauwerks dies erfordern<sup>27</sup>.

Unter folgendem Link können umfangreiche Informationen zum Thema Blitz- und Überspannungsschutz für Photovoltaik-Anlagen eingesehen werden: [elektrobranche.at/wp-content/uploads/2022/03/ELEKTRObranche.at\\_Fachbeitrag-Photovoltaik-Anlagen.pdf](http://elektrobranche.at/wp-content/uploads/2022/03/ELEKTRObranche.at_Fachbeitrag-Photovoltaik-Anlagen.pdf).

Folgende Richtlinien sind für den normgerechten Überspannungsschutz von Photovoltaik-Anlagen zu berücksichtigen<sup>28</sup>:

- Um Überspannungsschäden zu verhindern, wird für PV-Aufdach-Anlagen ein Blitzschutzsystem nach ÖVE/ÖNORM EN 62305-3 (IEC/ EN 62305-3) empfohlen.
- Eine Risikoanalyse nach ÖVE/ÖNORM EN 62305-2 hilft dabei, die Notwendigkeit eines Blitzschutzsystems sowie die erforderliche Blitzschutzklasse zu ermitteln. Dies gilt nur für Fälle, in denen durch weitere Richtlinien, wie beispielsweise die Landesbauordnungen, keine anderen Blitzschutzsysteme gefordert sind.
- Für die Errichtung von PV-Stromversorgungssystemen gelten die Normen der ÖVE E 8101, insbesondere die ÖVE E 8101 - Teil 7-712.
- Wird eine PV-Anlage neu errichtet und an die elektrische Anlage angeschlossen, ist Überspannungsschutz (Typ 2 / class II) auf der AC-Seite nach ÖVE E 8101-443 und ÖVE E 8101 - Teil 7-712 (IEC 60364-4-44 und 60364-7-712) einzusetzen.
- Durch den zusätzlichen Verweis in der ÖVE E8101 - Teil 7-712 auf die ÖVE Richtlinien R 6-2-1 und R 6-2-2, ergibt sich neben der AC-Seite auch auf der DC-Seite die Notwendigkeit eines Überspannungsschutzsystems, um zur Sicherheit des Wechselrichters bei Anlagen mit äußerem Blitzschutzsystem beizutragen.

## 5.16 Absturzsicherung, Vermeiden von Bekletterung

Geländer sind entsprechend der OIB-Richtlinie 4 (Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit) sowie ÖNORM B5371 und Wiener Bauordnung auszuführen.

- oder Metall ausführen.
- Verzicht auf Verschraubungen, Ösen oder andre Strukturen, die den Aufstieg vereinfachen.
- Abstände zwischen den vertikalen Strukturen, wenn möglich so groß bzw. klein wählen, dass ein Hineinspreizen erschwert wird.
- Ein Festhalten an der „Dachkante“ des PV-Dachgartens kann zusätzlich erschwert werden. Hierbei muss jedoch darauf geachtet werden, dass sich hierdurch kein Verletzungsrisiko ergibt.

Der PV-Dachgarten sollte jedenfalls so weit von der Gebäudekante entfernt sein, dass eine abstürzende Person nicht über diese fallen kann.

## 5.17 Vandalismus

Ein PV-Dachgarten sollte möglichst robust ausgeführt werden. Dies gilt vor allem für bewegliche Teile wie Scharniere, Klappen oder Textilien. Das Vandalismusrisiko ist bei einem PV-Dachgarten üblicherweise geringer als bei anderen Freiräumen, da der Dachgarten meistens nicht unbeaufsichtigt genutzt wird und auch eine Nutzung in der Nacht ausgeschlossen ist. Soll der PV-Dachgarten öffentlich zugänglich sein, muss der aktive Schutz (durch Licht, Überwachung) und passive Schutz (in Form von Robustheit, Reparierbarkeit) erhöht werden. Dies gilt vor allem dann, wenn der Dachgarten auch in der Nacht uneingeschränkt zugänglich sein soll.

