



Umsetzungskonzept

für innovative PV-Dachgärten auf
Schulgebäuden in der Stadt Wien

Impressum

Umsetzungskonzept
für innovative PV-Dachgärten auf Schulgebäuden in der Stadt Wien

Medieninhaberin und Herausgeberin
Stadt Wien - Energieplanung

Strategische Gesamtkoordination
Ing. Emre Koca, MSc
DI Herbert Ritter

GREEN4CITIES GmbH
green4cities.com

Andreas Berger, BSc
Dlin Doris Schnepf
DI Bernhard König
Dlin Marinela Genova
Dlin Lisa Maria Enzenhofer
Dlin Marlies Macher

Inhalt

Inhalt	4
Einleitung	9
1. Hintergrund	11
1.1 PV-Dachgarten - Begriffsdefinition	11
1.2 Warum Dachnutzung für Aufenthalte?	11
2. Kompakte Entscheidungshilfe zur Planung eines PV-Dachgartens	15
2.1 Begriffsdefinition	15
2.2 Rahmenbedingungen	15
2.3 Tragfähigkeit der Dachkonstruktion	16
2.4 Zugänglichkeit, Absturz-Sicherung	16
2.5 Technische Ausführung	16
2.6 Genehmigung	17
2.7 Schulbetrieb und Ausstattung	17
3. Darstellung möglicher Aufbauten	19
3.1 PV-Dachgärten für Neubauten in modularer Bauweise	19
3.2 PV-Dachgärten für Bestandsbauten	22
3.3 PV-Dachgarten als Intensivbegrünung nach ÖNORM L 1131	23
4. Schulbetrieb, Gesundheit und pädagogischer Mehrwert	25
4.1 Gesundheit und Wohlbefinden	25
4.2 Naturerfahrung im Schulunterricht	25
4.2.1 Nutzung durch Schüler*innen und Pädagog*innen abseits des Schulunterrichts	27
4.3 Betrieb und Wartung	27
4.3.1 Pflege der Pflanzen und Pflanzflächen	28
4.3.2 Erforderliche Mindestausstattung	29
4.4 Mehrwert für die Umwelt	30
5. Technische Rahmenbedingungen	31
5.1 Allgemeine Bauwerkseigenschaften	31
5.1.1 Gebäude mit Schrägdächern und einer Neigung > 10%	31
5.1.2 Gebäude mit Schrägdächern und einer Neigung < 10%	32
5.1.3 Gebäude mit Flachdächern und geringer Traglast (z.B. Turnsaaldächer mit Blech- oder Bitumeneindeckung)	32
5.1.4 Gebäude mit Flachdächern und erhöhter Traglast (z.B. Kiesbedeckung, Dachbegrünung)	32
5.1.5 Gebäude mit Dachterrassen oder Dächern mit sehr hoher Traglast	33
5.2 Allgemeines zu Photovoltaik und thermischen Solaranlagen	33
5.2.1 Dachbegrünung & Photovoltaik – Besonderheiten und Möglichkeiten	33
5.2.2 PV-Überdachung bzw. PV-Dachgarten (PV-Module in Überkopfmontage)	34
5.2.3 Aufgeständerte PV-Anlagen (ohne Überkopfmontage)	34
5.2.4 Weitere Integrationsmöglichkeiten von PV-Anlagen	35
5.3 Allgemeines zu PV-Modulen und PV-Anlagen	35
5.3.1 Photovoltaische Zelle oder Solarzelle	35
5.3.2 Photovoltaikmodul	36
5.3.3 Wechselrichter bzw. Solarwechselrichter	38
5.4 Pflanzen in Kombination mit PV-Anlagen – die Besonderheiten	39



© WH International Services/ Regina Hügli, o.J.

Das „**Umsetzungskonzept für innovative PV-Dachgärten auf Schulgebäuden in der Stadt Wien**“ beleuchtet unterschiedliche Rahmenbedingungen, die für den Bau eines PV-Dachgartens auf Schulgebäuden essenziell sind. Am Beginn werden die technischen Rahmenbedingungen geklärt, es folgt eine intensive Auseinandersetzung mit den rechtlichen Rahmenbedingungen. Anschließend werden die Themenschwerpunkte des Schulbetriebs und der Gesundheit im Detail beleuchtet. Abschließend bietet das Umsetzungskonzept unterschiedliche Lösungsansätze für innovative PV-Dachgartenlösungen im Bestand sowie im Neubau.



© Markus Weidmann-Krieger, 2022

Einleitung

Die fortschreitende Urbanisierung in Europa ist ein anhaltendes Phänomen, im Jahr 2021 lebten etwa 78 % aller EU-Bürger*innen in Ballungsräumen¹. Aktuelle Prognosen gehen davon aus, dass im Jahr 2048 nahezu 2,2 Millionen Menschen in der Stadt Wien leben werden. Das entspricht einem Bevölkerungswachstum von 265.000 Personen im Vergleich zum Jahr 2022².

Durch dieses Bevölkerungswachstum sowie den Trend zur Innenverdichtung, erhöht sich der Druck auf die vorhandenen Freiräume in Ballungsräumen. Die Nutzung von Dachflächen als Aufenthalts- und Erholungsraum kann in diesem Kontext als enorme Chance gesehen werden. Demgegenüber steht die steigende Verwendung von Dachflächen für die solare Energieerzeugung. In den langfristigen Szenarien der Energiewende wird Photovoltaik (PV) neben Windenergie als Schlüsseltechnologie der zukünftigen Energieversorgung gesehen³.

Die Stadt Wien hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2040 klimaneutral zu werden. Der Umstieg auf erneuerbare Energien ist dabei ein wesentlicher Erfolgsfaktor. Gleichzeitig steigt der Strombedarf der Stadt kontinuierlich – u. a. durch mehr E-Mobilität oder den Einsatz von Wärmepumpen.

Deshalb hat die Stadt Wien Anfang 2021 eine Sonnenstrom-Offensive (für weitere Informationen sonnenstrom.wien.gv.at/) ins Leben gerufen, mit ambitionierten Zielen: Bereits im Jahr 2025 soll die Solarstrom-Leistung in Wien 250 MWp betragen, 2030 gar 800 MWp. Das ist in etwa das Sechszehnfache des Niveaus von 2020 mit dem Ziel, dass 2030 rund 350.000 Haushalte (laut Statistiken im Durchschnitt 2,04 Bewohner*innen pro Haushalt) mit Solarstrom versorgt werden und der Strombedarf Wiens zu ca. 10 % mit Sonnenstrom gedeckt wird. Die Stadt Wien geht dabei mit gutem Beispiel voran und errichtet PV-Anlagen auf öffentlichen und stadtnahen Gebäuden und Flächen, auf denen es technisch möglich und wirtschaftlich sinnvoll ist.

Die Mehrfachnutzung von Freiflächen hat in Wien eine lange Tradition, bereits seit 1998 wird mit dem strategischen Projekt „einfach-mehrfach“ die effiziente Nutzung von Stadtraum vorangetrieben⁴. Auch das Fachkonzept Grün- und Freiraum des aktuellen Wiener Stadtentwicklungsplans (STEP 2025) hebt die Wichtigkeit der Mehrfachnutzung sowie der Bauwerksbegrünung im dicht bebauten Stadtgebiet hervor⁵.

Das „**Umsetzungskonzept für innovative PV-Dachgärten auf Schulgebäuden in der Stadt Wien**“ soll diesen strategischen Zielen der Stadt Wien gerecht werden, indem es effiziente Lösungsansätze aufzeigt, wie gebäudebezogene Lern- und Freiräume bestmöglich gestaltet und genutzt werden können.



1. Hintergrund

© Markus Weidmann-Krieger, 2022

1.1 PV-Dachgarten - Begriffsdefinition

Ein PV-Dachgarten stellt eine Kombination aus PV-Modulen, Aufenthaltsflächen und Pflanzen dar. Üblicherweise werden die PV-Module auf einer Ebene oberhalb der Pflanz- und Aufenthaltsflächen montiert. Aber auch andere Positionierungen der Module sind möglich. Häufig kommen semi-transparente PV-Module zum Einsatz, somit kann ein Teil des Sonnenlichts durch die Module hindurchdringen.

Der besondere Vorteil des PV-Dachgartens liegt in der Mehrfachnutzung der Dachflächen. Durch die vertikale Überlagerung der Elemente sind Energieerzeugung, Aufenthalt und Pflanzenzucht auf kleinem Raum möglich.

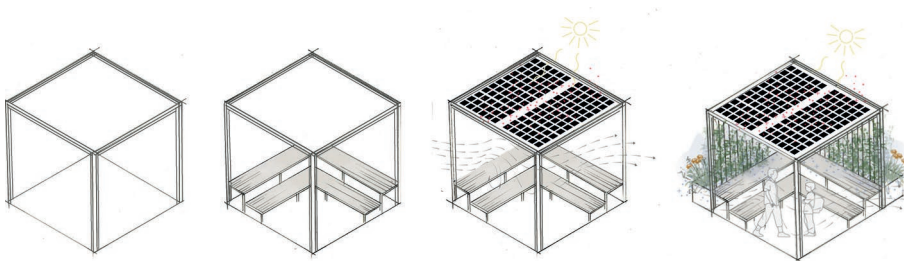


Abb. 1: Skizze eines PV-Dachgarten-Moduls mit einem Maß von 3x3x3 Metern. Durch die Kombination mehrerer Module kann ein Klassenzimmer im Freien geschaffen werden. (GREEN4CITIES, 2022)

1.2 Warum Dachnutzung für Aufenthalte?

Fassaden- und Dachbegrünungen erzeugen einen enormen Mehrwert für Stadtgebiete mit hoher Bevölkerungsdichte. Die Bauwerksbegrünung stellt

ein effektives Instrument zur Grünraumkompensation im dicht bebauten Gebiet dar. Ein weiterer Vorteil von Dachgärten im Stadtgebiet ist oftmals die relativ freie und exponierte Lage. Dachflächen erlauben den Blick in die Ferne, im Gegensatz zu Hofflächen sind Dachterrassen oft hell und ganzjährig besonnt. Dieser Vorteil kann aber auch zum Nachteil werden, da sich Dachflächen an heißen Tagen enorm aufheizen. An kühlen, windigen Tagen kann ein Aufenthalt am Dach unangenehm sein. Daher ist eine standortgerechte Planung der Dachterrassen essenziell, nur so kann eine ganzjährig hohe Aufenthaltsqualität und langfristige Funktionalität sichergestellt werden.

Warum PV-Dachgärten auf Schulen?

Unterricht im Freien bietet viele Vorteile. Studien zeigen, dass schon kurze Unterrichtseinheiten in der Natur positive Effekte auf die Gesundheit der Kinder haben und unter anderem die Leseleistung, die Lernmotivation, das Wohlbefinden und das Sozialverhalten positiv beeinflussen können⁶.

Doch vor allem in Innenstadtlagen ist das spontane „in die Natur gehen“ während der Schulzeiten meistens nur schwer machbar. Nicht immer ist ein ausreichend großer Park oder eine andere geeignete Freifläche in der Nähe. Ein naturnah gestalteter Dachgarten kann dieses Defizit ausgleichen. Darüber hinaus ist er einfach und schnell erreichbar, der Unterricht kann spontan und ohne besondere Vorplanung ins Freie verlegt werden.

Die Schüler*innen können im PV-Dachgarten den Umgang mit Pflanzen sowie das Ernten, Pflegen und Gießen erlernen. Der PV-Dachgarten kann hervorragend in den Unterricht integriert werden, angefangen von der Pflanzenbestimmung bis zur Beobachtung von Wildtieren wie Vögeln und Insekten.

Der Aufenthalt an der frischen Luft ist gesund und stärkt das Immunsystem, durch die teilweise Überdachung und Beschattung der Freiraumklasse mit PV-Modulen erhöht sich die Nutzbarkeit bei Schlechtwetter und großer Hitze.

Abgesehen von den Vorteilen für die Nutzer*innen ergeben sich auch monetäre Vorteile: Im Gegensatz zu einer Überdachung aus Glas oder Segel erzeugt ein PV-Dachgarten Energie. Da Schulgebäude tagsüber einen höheren Energieverbrauch aufweisen als abends und in der Nacht, kann die Sonnenenergie direkt genutzt werden. Nicht zuletzt hat der PV-Dachgarten auch einen beachtlichen ökologischen Mehrwert. Er kann als Futter- und Nistplatz dienen und stellt somit ein wertvolles Trittsteinbiotop dar, welches bei der Lebensraumvernetzung für Tiere im städtischen Raum helfen kann.

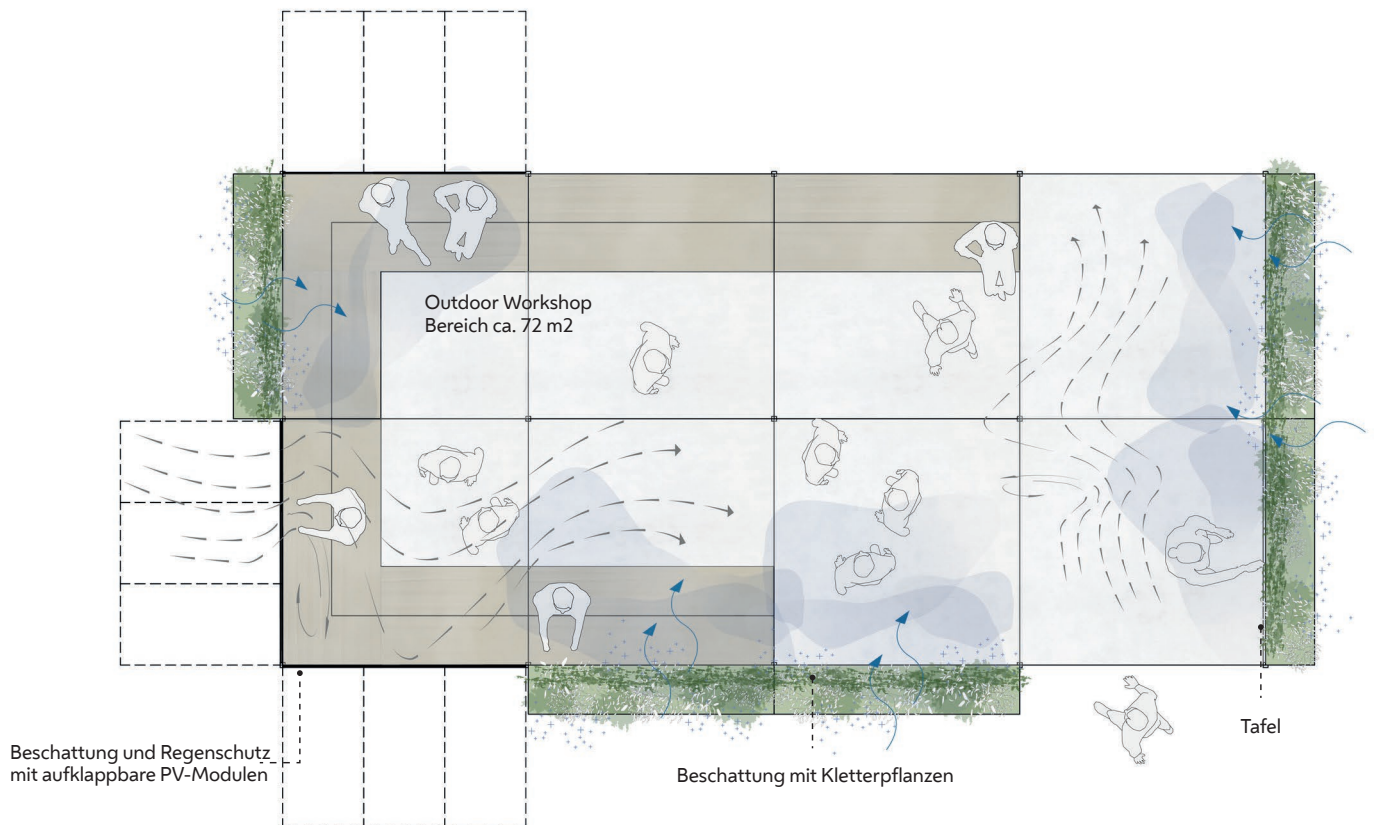


Abb. 2: PV-Dachgarten, bestehend aus acht Modulen, mit einer Fläche von 72 m² (GREEN4CITIES, 2022)

Die Stadt Wien fordert und fördert die Dachnutzung und Beschattung von schulischen Dachterrassen

Laut dem Raumbuch der Stadt Wien ist bei allen öffentlichen Gebäuden eine ungesicherte Nutzung gemäß Ausstattungsklasse 4 (Nutzung durch Privatpersonen) sicherzustellen. Darüber hinaus soll die Nutzbarkeit und Erreichbarkeit der Dachfläche als Aufenthaltsbereich für Personenverkehr ungesichert gewährleistet sein. Auf pädagogisch genutzten Dachterrassen ist auf eine entsprechende Beschattung zu achten (projektabhängig). Das Raumbuch der Stadt Wien fordert somit die Nutzbarmachung von Dachflächen im Allgemeinen und, wenn möglich, die Beschattung von Dachterrassen auf Schulen.

Gleichzeitig ist es ein erklärtes Ziel der Stadt Wien, Dachflächen für die solare Energieerzeugung verwendbar zu machen. Ein Schwerpunkt liegt auf innovativen Lösungen, wie der kombinierten Nutzung von Photovoltaik mit Dachbegrünungen, wobei die PV-Anlage als Verschattungselement oder Überdachung von Terrassen und Parkplätzen dient⁷.

Ein PV-Dachgarten wird all diesen Forderungen gerecht, gleichzeitig sorgt er durch seine intensive Bepflanzung und hohe Aufenthaltsqualität für ein Naturerlebnis am Dach und im Unterricht. Die Energieproduktion durch die PV-Module leistet einen wichtigen Beitrag zur Energiewende.



2. Kompakte Entscheidungshilfe zur Planung eines PV-Dachgartens

© WH International Services/ Regina Hügli, o.J.

2.1 Begriffsdefinition

Bei einem PV-Dachgarten handelt es sich um eine hochwertige, gartenähnliche und begrünte Aufenthaltsfläche am Dach, welche über PV-Module zur Stromerzeugung verfügt. Die Besonderheit liegt in der Mehrfachnutzung der Fläche.

2.2 Rahmenbedingungen

In einem ersten Schritt müssen die technischen Rahmenbedingungen geklärt werden. Diese umfassen zuerst die Dachform. Am einfachsten lassen sich PV-Dachgärten auf Flachdächern errichten (wenn diese tragfähig genug sind). Dächer mit leichter Neigung bis ca. 10 % können eventuell überbaut werden, damit die Fläche für Personen nutzbar wird und eine Dachgartenstruktur aufgenommen werden kann. Auch hier stellt die Tragfähigkeit einen zentralen Faktor dar. Bei steilen Dächern mit einer Neigung über 10 % muss das Dach üblicherweise aufwändig adaptiert werden, die Umsetzung des PV-Dachgarten kann eventuell im Zuge von Dachsanierungen oder Dachausbauten erfolgen. Für weitere Informationen siehe 5.1 (Bauwerkseigenschaften) sowie 3 (mögliche Aufbauten).

Flachdach
Umsetzen einfach, wenn
Tragfähigkeit gegeben ist

Dach mit geringer
Neigung
Eventuell überbaubar,
wenn Tragfähigkeit
gegeben ist

Steildach
großer Änderungsaufwand
erforderlich

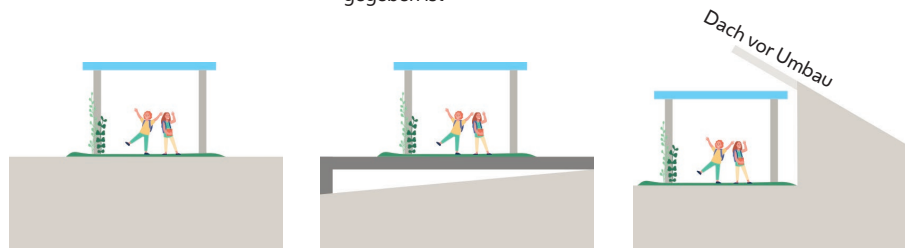


Abb. 3: Mögliche Aufbauten in Abhängigkeit der Dachform (GREEN4CITIES, 2024)

2.3 Tragfähigkeit der Dachkonstruktion

Die Tragfähigkeit sollte von einer befähigten Person auf Basis der bestehenden Plandaten und einer lokalen Begutachtung bewertet werden. Je nach Gegebenheiten kann eine passende Bauform gewählt werden. Bei der Lastabschätzung sind das Gewicht der Strukturen (PV-Module, Unterkonstruktion, Substrat, Vegetation) sowie Wind-, Schnee- und Verkehrslasten (vor allem durch Nutzer*innen) zu beachten. Für weitere Informationen siehe Punkte 5.7 (Statik) sowie 3 (mögliche Aufbauten).

2.4 Zugänglichkeit, Absturz-Sicherung

Bei Flachdachflächen von Amtshäuser, Kindergärten und Schulen der Stadt Wien ist die ungesicherte Nutzung der Dachflächen gemäß der Ausstattungs-kategorie 4 sicherzustellen (ungesicherte Nutzung durch Privatpersonen). Der Zugang ist schwellenfrei bzw. barrierefrei auszuführen, siehe ÖNORM B 1600. Die Geländerhöhe ab Fußbodenoberkante muss mindestens 120 cm ab der letzten Aufstiegshilfe betragen, für Freiluftklassen von Kindergärten gilt eine Geländerhöhe von 180 cm. Für weitere Informationen siehe Punkt 5.16 (Absturzsicherung)

2.5 Technische Ausführung

Je nach statischen Möglichkeiten, lokalen Gegebenheiten und Wünschen können PV-Dachgärten in unterschiedlichen Bauformen ausgeführt werden.

Struktur

Die Strukturen eines PV-Dachgartens können in Abhängigkeit der gestalterischen Wünsche und erforderlichen Ausführung aus unterschiedlichen Materialien wie Holz, Stahl oder Aluminium hergestellt werden. Bei der Planung sollte auf einen möglichst geringen ökologischen Fußabdruck sowie eine lange Haltbarkeit (mind. 30 Jahre) geachtet werden. Siehe Punkt 2.3.6. (Absturzsicherung)

PV-Module

In sehr vielen Fällen werden bei einem PV-Dachgarten die PV-Module horizontal und überkopf montiert. Das PV-Dach spendet Schatten, die PV-Module sind optimal positioniert und die Fläche ist mehrfach nutzbar (Pflanzenzucht, Aufenthalt, Energieerzeugung). Alternativ oder ergänzend können die PV-Module auch vertikal montiert werden (z.B. als Absturzsicherung, Windschutz). Eine klassische PV-Montage der Module

am Dach (Aufständigung oder am Dach aufliegend) ist zwar möglich, die Nutzbarkeit als Dachgarten wird jedoch massiv eingeschränkt, da nur die Flächen zwischen den Modulen genutzt werden können. Siehe Punkt 5.3 (Allgemeines zu PV-Anlagen).

Vegetationstechnik

Ein PV-Dachgarten kann aus vegetationstechnischer Sicht auf unterschiedliche Weisen ausgeführt werden. So können Tröge oder Hochbeete auf einer terrassenartigen Dachlandschaft aufgestellt werden, alternativ ist auch eine Ausführung des Dachgartens als intensive Dachbegrünung nach L1131 möglich. Welche Begrünungsform sich besser eignet, hängt von vielen Faktoren wie z.B. statischen Gegebenheiten, ästhetischen Ansprüchen und nicht zuletzt der geplanten Nutzung ab. Für den Retrofit eignen sich vor allem Trogssysteme, die gleichzeitig als Auflastverankerung der PV-Dachgarten-Struktur dienen. Siehe hierzu die Punkte 5.4 (Pflanzen in Kombination mit PV) sowie 5.12 (Vegetationstechnische Anforderungen) und 3 (mögliche Aufbauten).

2.6 Genehmigung

Wird ein PV-Dachgarten flugdachartig oder pergolaartig auf einem Gebäude errichtet (PV-Module auf einer Trägerstruktur in Überkopfmontage) ist ein Baubewilligungsverfahren nach § 70a der Bauordnung für Wien (BO) erforderlich. Die Struktur ist in diesem Fall Teil der Gebäudehöhe!

Andere Bauformen unterliegen je nach Bauart anderen Genehmigungsverfahren. Klassische PV-Gründächer mit (niedrig) aufgeständerten PV-Modulen können gemäß § 62a Abs. 1 Z 24 Bauordnung für Wien an Gebäuden mit einem Fluchtniveau von nicht mehr als 11 m außerhalb vom Grünland – Schutzgebiet sowie von Schutzzonen und Gebieten mit Bausperre weder baubewilligungs- noch bauanzeigespflichtig sein. Auf die Einhaltung der Punkte 5 (Brandschutz), 6 (Blendung) und 7 (Statik) der Richtlinie „Errichtung von Fotovoltaikanlagen auf bzw. an Gebäuden“ (wien.gv.at/wohnen/baupolizei/pdf/merkblatt-photovoltaikanlagen.pdf) wird hingewiesen. Siehe auch Punkt 6 dieses Dokuments.

2.7 Schulbetrieb und Ausstattung

Die Ausstattung ist an die lokalen Anforderungen anzupassen. Nach Möglichkeit sollten Beete geschaffen werden, die von den Schüler*innen betreut werden können. Hierdurch wird das Naturerlebnis und der pädagogische Mehrwert gesteigert. Die Pflege von Bäumen und Kletterpflanzen sowie die Wartung von kritischen Elementen wie Be- und Entwässerung sollte jedenfalls von Professionist*innen ausgeführt oder begleitet werden. Bei der Ausstattung mit Möbeln und anderen Elementen ist darauf zu achten, dass diese variabel sind und sich an eventuelle, geänderte Anforderungen anpassen lassen. Siehe hierzu Punkt 5.9 (Möblierung), 5.10 (Beläge), 5.11 (Bewässerung) sowie 4.3 (Betrieb und Wartung) als auch 4.3.2 (Mindestausstattung).



3. Darstellung möglicher Aufbauten

© WH International Services/ Regina Hügli, o.J.

Im folgenden Abschnitt werden beispielhafte Umsetzungskonzepte für innovative PV-Dachgärten auf Schulgebäuden in der Stadt Wien gezeigt. Hierbei wurden sowohl für Bestandsbauwerke als auch Neubauten Lösungsvorschläge erarbeitet. Die Konzepte sollen beispielhaft zeigen, wie ein PV-Dachgarten in unterschiedlichen baulichen Situationen integriert werden kann. Im Falle einer baulichen Umsetzung sollen jedenfalls Fachexpert*innen aus dem Bereich Bautechnik/Hochbau, Statik, Elektrotechnik und Vegetationstechnik in den Prozess eingebunden werden, da jede Dachkonstruktion individuell betrachtet werden muss. Für detaillierte Informationen siehe PV-Dachgärten Konzeptmappe.

3.1 PV-Dachgärten für Neubauten in modularer Bauweise

Das Konzept setzt auf eine modulare Bauweise. Das Grundmodul hat ein Ausmaß von 3x3x3 Metern und kann aus einer Stahl- Holz- oder Aluminiumstruktur bestehen. Diese Grundstruktur kann mit unterschiedlichen Elementen ausgestattet werden. Hierzu zählen eine fest installierte Tisch/Bank-Kombination, die auch als Tribüne genutzt werden kann sowie Pflanztröge und vertikale Strukturen für Kletterpflanzen. Das modulare Konzept orientiert sich in seiner Form und Größe an der Beschattungsstudie der GTVS+BS-Längenfeldgasse. Die Studie wurde von PPAG-Architekten in Kooperation mit der Stadt Wien und der Schulleitung erstellt und entwickelt. Ein solches Modul mit 9 m² Dachfläche kann je nach PV-Modultyp 1300-1800 Watt Peak (Wp) PV-Leistung erzielen. Das entspricht am Standort Wien einem Jahres-

ertrag von ca. 1200-1700 kWh.

Die Sitzelemente dienen als zusätzliche Aussteifung der Konstruktion. Als Auflast dienen die Pflanztröge, die Masse und Anzahl sowie Positionierung dieser muss individuell bemessen werden. Die Module können mit dem Gebäude kraftschlüssig verbunden (z.B. verschraubt) werden, dies geschieht üblicherweise mit einer Dachdurchdringung. Auch eine Kombination aus Pflanztrögen und punktuellen Verschraubungen ist möglich. Die Bemessung der Auflast und Befestigung muss in Zusammenarbeit mit befähigten Expert*innen wie Baustatiker*innen erfolgen.

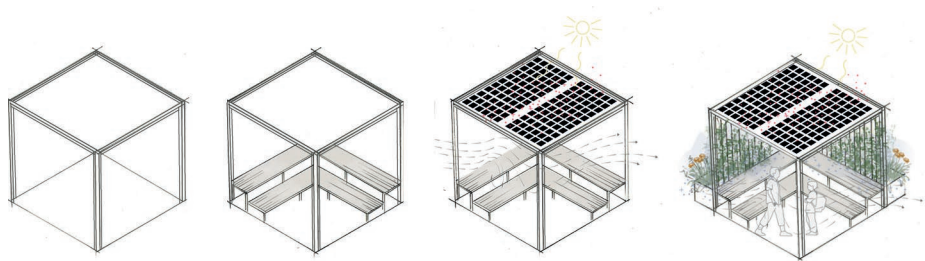


Abb. 4: Modulares Konzept für Neubauschulen isometrische Darstellung (GREEN4CITIES, 2022)

1. Primäre Stahlstruktur 3x3x3m
2. Stahlstruktur mit integrierten Sitzbänken und Schreibtisch
3. Stahlstruktur mit Arbeitstisch und PV-Dach.
4. Begrünte Stahlstruktur mit Arbeitstisch und PV-Dach.

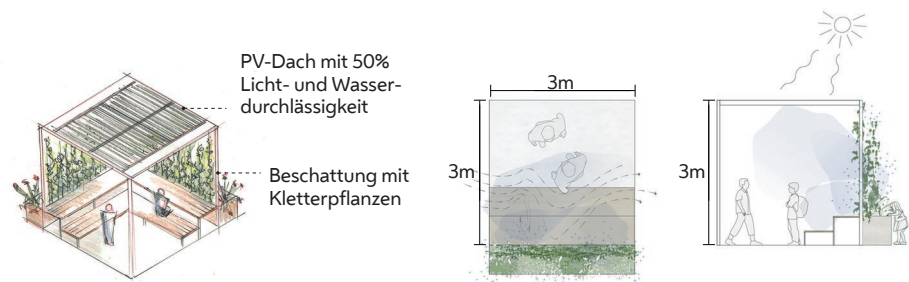


Abb. 5: Modul 3x3x3 m groß, inkl. Sitz- und Tischelement sowie Pflanztrög und Kletterhilfe für Kletterpflanzen (GREEN4CITIES, 2022)

Die folgenden Abbildungen zeigen eine spezielle Form der Module, die über eine klappbares PV-Element verfügen. Das Modul muss hierbei bruchsticher ausgeführt werden. Beispielsweise könnte ein Folienmodul auf einer Trägerstruktur (Textil, Siebdruckplatte, GFK) montiert werden. Je nach Sonnenstand ist durch das klappbare Modul eine optimale Beschattung auch bei niedrigem Sonnenstand oder bei Reflexion möglich. Bei Niederschlag kann das Klappelement als Wetterschutz dienen. Die PV-Fläche wird maximiert.

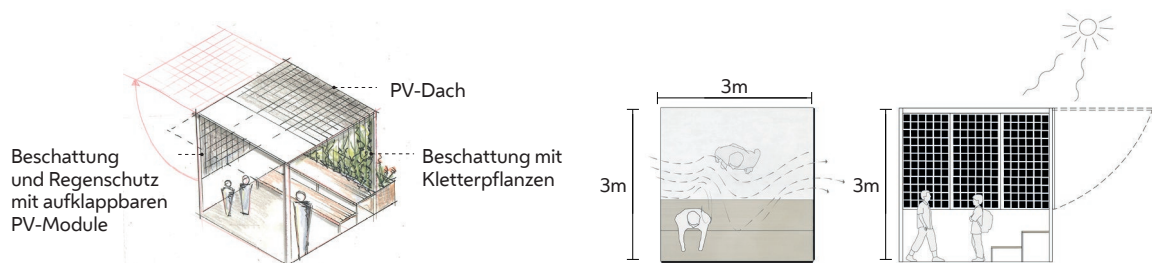


Abb. 6: Modul mit Klappbarem PV-Element und optionalem Pflanztrög (GREEN4CITIES, 2022)

Der folgende Grundriss zeigt zwei unterschiedliche Outdoor-Klassenzimmer mit einer Fläche von ca. 72m² bzw. 54 m².

Beim PV-Dachgarten mit acht Modulen (72 m²) verfügen fünf Module über kombinierte Sitz- und Tischelemente, drei Module verfügen über klappbare PV-Elemente (ca. 14 m² zusätzlich PV-Fläche).

Im rechten Bereich kann zum Beispiel eine Tafel montiert oder ein Flip-chart oder eine Leinwand aufgestellt werden. Der mögliche PV-Jahresertrag liegt bei ca. 10.000-16.000 kWh.

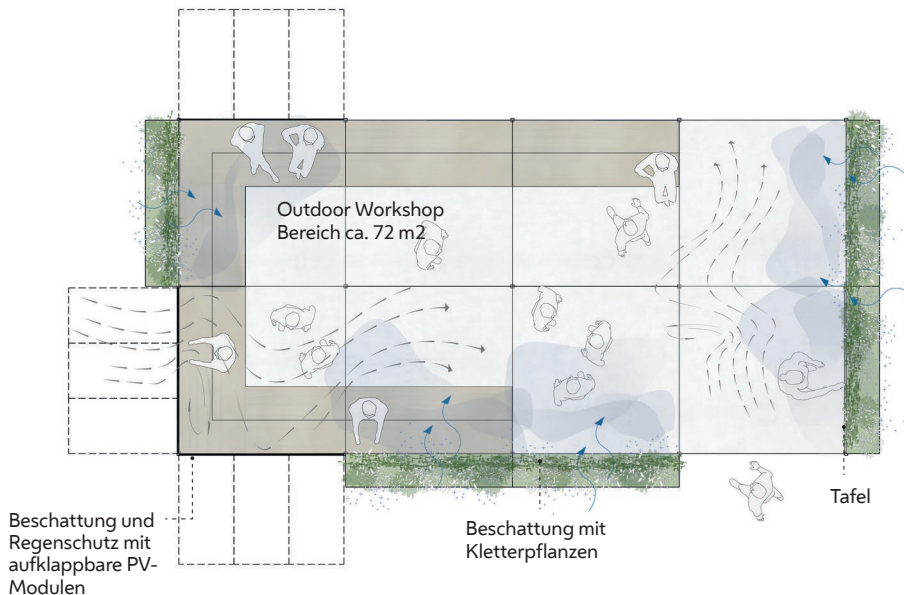


Abb. 7: Beispiel für die Kombination von 8 Modulen, die einen PV-Dachgarten von 72 m² bildet. (GREEN4CITIES, 2022)

Die folgende Abbildung zeigt einen Dachgarten mit sechs Modulen und einer dreiseitigen Bepflanzung mit Kletterpflanzen sowie eine offene Seite (welche z.B. zur Fassade oder nach Norden gerichtet sein kann und keine vertikale Beschattung benötigt). Die Sitzelemente sind so angeordnet, dass die Schüler*innen die Tische beidseitig nutzen können. Der mögliche PV-Jahresertrag liegt bei ca. 6.500-10.000 kWh.

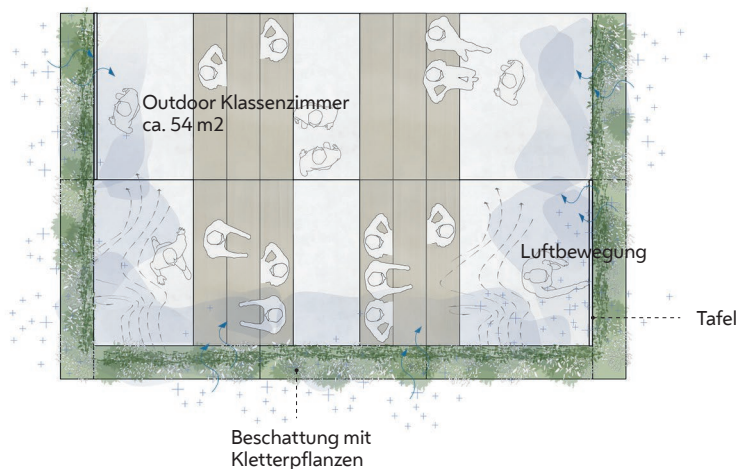


Abb. 8: Beispiel für die Kombination von 6 Modulen, die einen PV-Dachgarten von 54 m² bildet. (GREEN4CITIES, 2022)

3.2 PV Dachgärten für Bestandsbauten

Die folgenden Entwürfe zeigen eine Variante des PV-Dachgartens, die auf wenig tragfähigen, leicht geneigten Dächern errichtet werden könnte. Hierbei wird eine Art Rahmen über dem Bestandsdach geschaffen, dieser Rahmen bildet auch das Dach des PV-Dachgartens. Hierzu können zum Beispiel Leimbinder oder bei größeren Längen Holzfachwerkbinder genutzt werden. Auch Stahlträger können je nach Spannweite eingesetzt werden. Die Konstruktion ist somit „selbsttragend“, da die Lasten des PV-Daches und der Aufenthaltsflächen im Bereich der Gebäudewände abgeleitet werden. Für die Wahl der Konstruktion (Auflast oder Verankerung) ist je nach Standort die tatsächliche statische Leistungsfähigkeit des Bestandsdaches zu prüfen.

Grundsätzlich sind folgende Varianten möglich:

- Variante der Verankerung nur mittels Auflast auf den tragenden Außenwänden bzw. Attika
- Verankerung in der Dachkonstruktion
- Verankerung mittels Teil-Verankerung im Bestand und Teil-Auflast
- Ableitung der Last oder einer Teillast in den umliegenden Untergrund mittels vertikalen Holz- oder Stahlelementen. Das Gebäude wird hierbei überbaut, die statische Last kann an den Bestand angepasst werden.

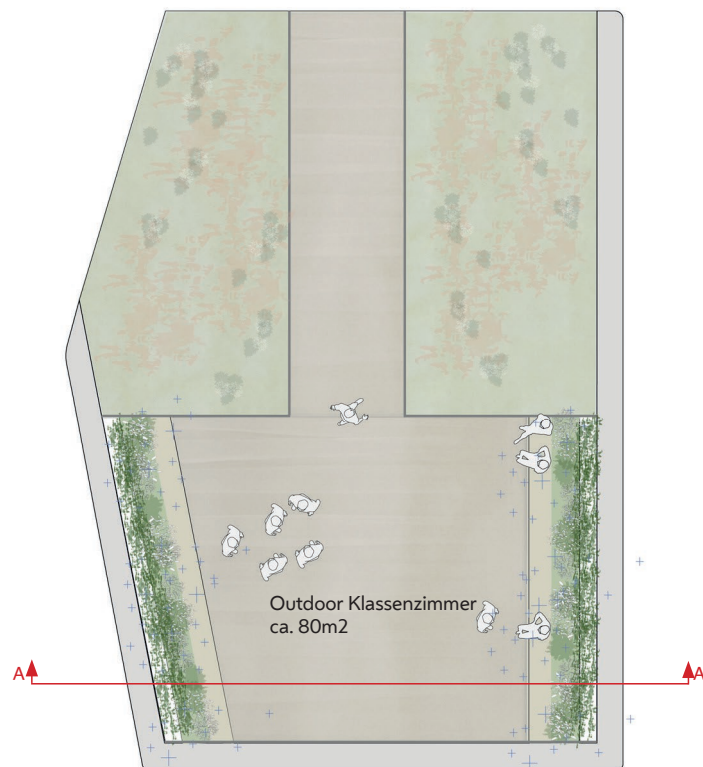
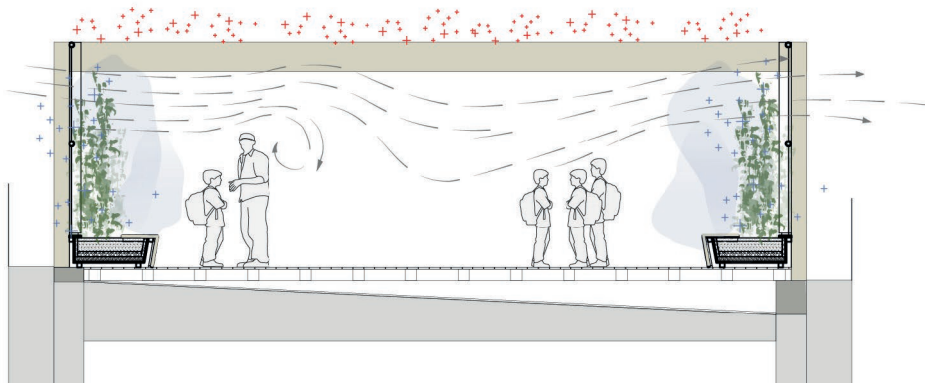


Abb. 9: Kombination eines PV-Dachgartens mit klassischen Dachbegrünung im Bestand (GREEN-4CITIES, 2022)



Schnittansicht -AA'

Abb. 10: PV-Dachgarten für die Bestandssanierung von wenig tragfähigen Dächern (GREEN4CITIES, 2022)

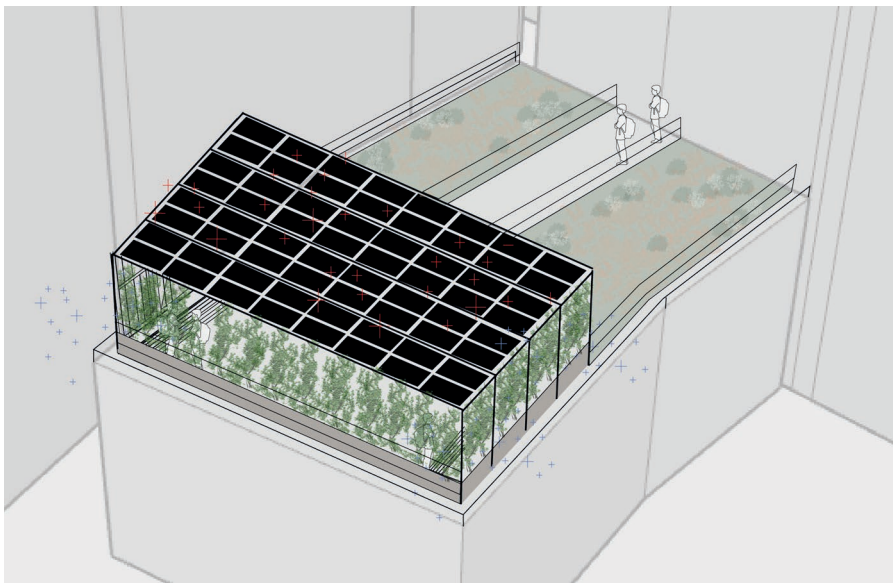


Abb. 11: PV-Dachgarten für die Bestandssanierung von wenig tragfähigen Dächern (GREEN4CITIES, 2022)

3.3 PV-Dachgarten als Intensivbegrünung nach ÖNORM L 1131

Das folgende Konzept zeigt einen PV-Dachgarten der den Vorgaben der **„ÖNORM L 1131 Gartengestaltung und Landschaftsbau - Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken - Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung“** entspricht.

Die Pflanzen wachsen hierbei nicht in Trögen, es handelt sich um eine flächige Begrünung in Form einer intensiven Dachbegrünung. Hierbei kann die Pflanzfläche maximiert werden, die Substratlasten werden bestmöglich verteilt, das Gewicht kann durch den Verzicht auf das Pflanzgefäß gesenkt werden.

Diese Option eignet sich besonders dann, wenn der PV-Dachgarten in einer Dachgartenlandschaft integriert werden soll.

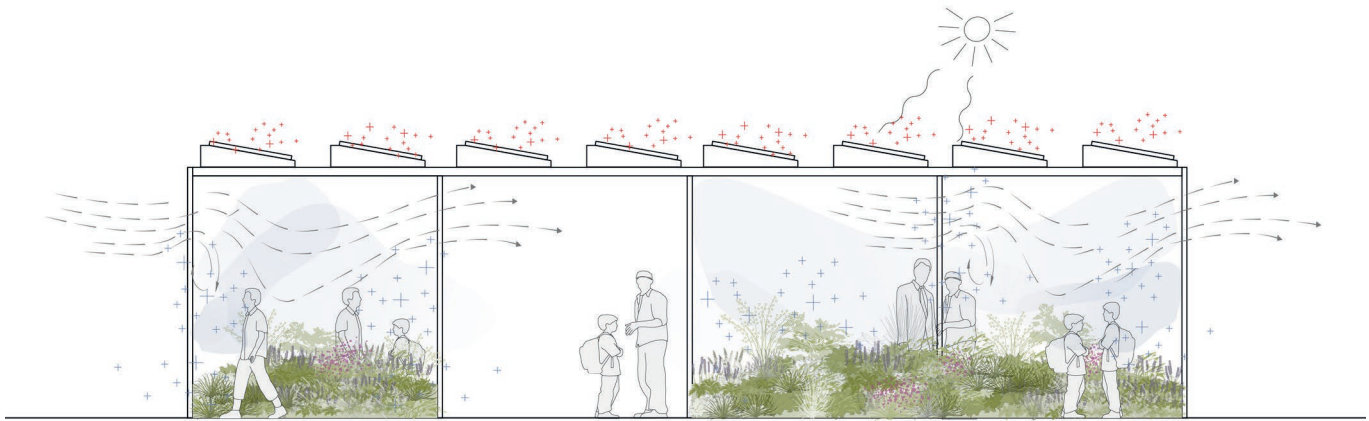


Abb. 12: PV-Dachgarten mit Intensivbegrünung nach ÖNORM L 1131 (GREEN4CITIES, 2022)

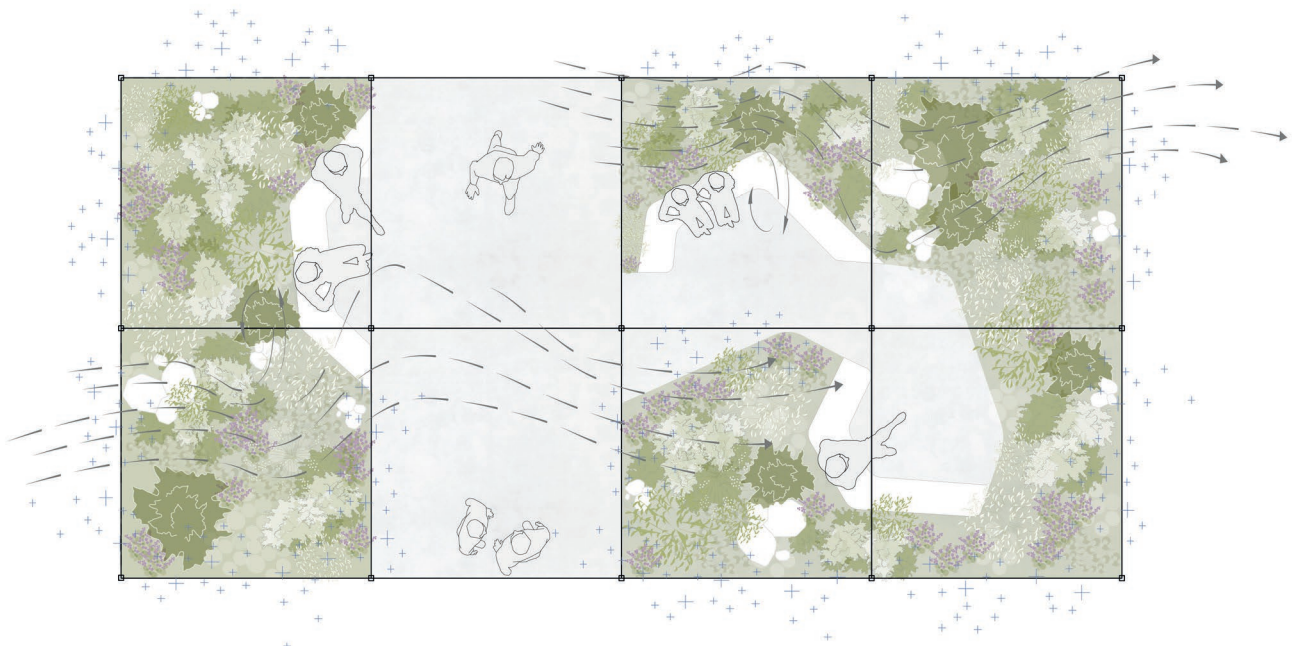


Abb. 13: PV-Dachgarten mit Intensivbegrünung nach ÖNORM L 1131 (GREEN4CITIES, 2022)



4. Schulbetrieb, Gesundheit und pädagogischer Mehrwert

© WH International Services / Regina Hügli, o.J.

4.1 Gesundheit und Wohlbefinden

Pflanzen wirken sich nachweislich positiv auf die menschliche Gesundheit aus, sie wirken unter anderem beruhigend und blutdrucksenkend⁸. Einen sehr großen Effekt hat der Nutzpflanzenbau, er wirkt sich in besonderem Ausmaß auf das seelische Wohlbefinden aus⁹. Durch den Aufenthalt im Freien wird das Immunsystem gestärkt. Viele Menschen Mitteleuropas leiden in den Wintermonaten an einem zu geringen Vitamin-D-Status. Auch dieses Defizit kann durch den regelmäßigen Aufenthalt im Freien wesentlich verbessert werden. Ein ausgeglichener Vitamin-D-Spiegel vermindert das Risiko von Osteoporose, Atemwegsinfektionen und multipler Sklerose¹⁰.

Gleichzeitig ist jedoch vor allem im Hochsommer Beschattung ein essenzielles Element der Freiraumplanung. Klimaresilienzanalysen und mikroklimatische Simulationen haben gezeigt, dass Beschattung einen enormen Einfluss auf die Lufttemperatur und die gefühlte Temperatur haben kann. Dieser Effekt wird durch die Verdunstungskühlung der Pflanzen und Substrate noch weiter verstärkt. So kann die gefühlte Temperatur durch Pflanzenschatten um bis zu 10-15 Grad reduziert werden.

4.2 Naturerfahrung im Schulunterricht

Die Schule ist heute nicht mehr nur Ort intellektuellen Lernens, vielmehr wird und ist sie ein Ort geistigen, motorischen und psychosozialen Lernens. Um den Ansprüchen gerecht zu werden, müssen heutige Schulen

und Schulgelände Kindern ausreichend Raum bieten.

„Draußenunterricht“ hat großes Potential, die Lernleistungen und Alltagskompetenzen zu verbessern. Er ermöglicht forschungsbasierte Lehre mit kognitiven Herausforderungen¹¹. Viele Kinder und Jugendliche, die in urbanen Zentren aufwachsen, wissen kaum etwas über die ursprüngliche Herkunft industriell verarbeiteter Lebensmittel, die sie tagtäglich konsumieren. Das Interesse an der Natur und den Naturwissenschaften, vor allem an Botanik, nimmt aufgrund der Natur-Entfremdung stetig ab¹². Auch das generelle Interesse an Pflanzen nimmt im Alter von 7 bis 13 Jahren zwar nahezu stetig ab¹³, aktuelle Befragungen von Kindern zeigen jedoch, dass Schüler*innen ein Interesse an Pflanzen zeigen. Dabei vermissen sie mangels eigener Erfahrungen im Umgang mit Pflanzen jedoch häufig eindeutige Zeichen, welche ihnen signalisieren, was die Pflanzen brauchen und ob es ihnen gut geht oder nicht. Kinder sollten daher mit der „Sprache der Pflanzen“ vertraut gemacht werden.¹⁴ Dies kann am besten dann geschehen, wenn Kinder und Jugendliche in direkten Kontakt mit dem Pflanzenanbau kommen, angefangen von der Ansaat über die Aufzucht und Pflege bis hin zum Ernten und Kompostieren.

Hierdurch erfahren sie, dass Pflanzen Lebewesen sind, welche durchaus Bedürfnisse (nach Wasser, Nährstoffen, Sonnenlicht u.a.) haben und zeigen, ob es ihnen gut geht oder nicht.

Darüber hinaus kann sich das Experimentieren mit Pflanzen sehr positiv auf das Botanikinteresse auswirken. Ein PV-Dachgarten bietet hierfür die perfekten Bedingungen, da er durch die räumliche Nähe jederzeit in den Unterricht eingebunden werden kann und bei naturnaher Gestaltung viele Möglichkeiten zum Experimentieren im Unterricht bietet.

Viele Pflanzen können z.B. sehr gut ab Februar bzw. März im Klassenzimmer vorkultiviert werden. Hierzu zählen unter anderem Tomaten, Basilikum, Oregano, Paprika sowie Physalis. Ab Mai werden die Pflanzen dann in den PV-Dachgarten gesetzt. Die Kinder und Pädagog*innen können sich im Unterricht oder in den Pausen um die Pflanzen kümmern. Somit kann ein PV-Dachgarten bei guter Planung einen klassischen Schulgarten zu ebener Erde weitestgehend ersetzen.

Der PV-Dachgarten soll somit bestmöglich in den Unterricht integriert werden. Neben der Aufzucht von Pflanzen bieten sich je nach Schulform und Stufe weitere Möglichkeiten an, den PV-Dachgarten pädagogisch zu nutzen. Nachfolgend sind einige Ideen aufgelistet:

- Gewinnung von Pflanzenmaterial für Versuche und Untersuchungen
- Pflanzenexperimente
- Bestimmung heimischer Pflanzenarten
- Bodenbildung, Bodenleben, Kompostierung
- Untersuchungen an den Pflanzenwurzeln
- Veredelung, Zucht und Kreuzung
- Pflanzenschutz, Düngung
- Bau von Bewässerungen und Bewässerungssteuerung
- Wasserkreislauf, Schwammstadtprinzip
- Ökosystemdienstleistungen von Pflanzen wie CO₂-Speicherung, Photosynthese, Transpiration
- Nachhaltige Energieerzeugung, Energiewende
- Beobachtung von Wildtieren, vor allem Vögel und Insekten
- Nahrungsmittelproduktion, Ernährung
- uvm.

4.2.1 Nutzung durch Schüler*innen und Pädagog*innen abseits des Schulunterrichts

Im Zentrum des PV-Dachgartens stehen sicher die Nutzung als Freiraumklassenzimmer sowie als Schulgarten. Aber auch andere Vorteile des PV-Dachgartens sollten nicht außer Acht gelassen werden. So bietet der PV-Dachgarten einen angenehmen Aufenthaltsraum für Pausen und Freizeit und Nachmittagsbetreuung. Auch die Pädagog*innen und anderes Schulpersonal kann sich im PV-Dachgarten erholen. Je nach Zugänglichkeit kann der PV-Dachgarten auch am Abend und am Wochenende genutzt werden. Somit kann er zu einem beliebten Nachbarschaftstreffpunkt werden. Darüber hinaus ist auch eine Nutzung durch weitere Stakeholder möglich. Beispiele hierfür sind Veranstaltungen wie Kino am Dach oder andere Vorführungen wie Kunst und Theater.

Grundsätzlich muss je nach Standort und Zugänglichkeit individuell geklärt werden, ob der Dachgarten über die schulischen Aktivitäten hinaus genutzt werden soll und kann.

4.3 Betrieb und Wartung

Die PV-Anlage des PV-Dachgartens ist ähnlich wie jede vergleichbare Anlage zu warten. Regelmäßig sollte geprüft werden, ob die PV-Module durch Bewuchs verschattet werden. In diesem Fall sind Pflegeschnitte erforderlich. Auch alle technischen Anlagen wie Wechselrichter oder Stromverteiler sind von Bewuchs freizuhalten.

Die Leistung der PV-Anlage sollte geprüft und gemonitort werden, so werden Defekte schnell erkannt. Die PV-Anlage muss üblicherweise dann manuell gereinigt werden, wenn sich ein sichtbarer Schmutzfilm gebildet hat. Bei ausreichender Modulneigung reinigen sich diese durch die glatte Oberfläche bei Regen selbst. Trotzdem empfiehlt sich eine Kontrolle bzw. Reinigung von Zeit zu Zeit.

Mit einer Infrarotkamera kann ein Zellbruch registriert werden. Auch andere Gründe, wie Wackelkontakte und Kabelbruch können so detektiert werden. Dieser ist als heißer Bereich im Thermobild sichtbar. Dabei kann auch die restliche Verkabelung auf heiße Bereiche untersucht werden. Viele Unternehmen bieten entsprechende Wartungsverträge an, die üblicherweise eine jährliche Prüfung der Anlage vorsehen.

Die Lebensdauer von PV-Modulen ist sehr hoch und kann gut über 30 Jahre betragen, wobei die Leistung der PV-Anlage nachlassen kann. Viele Hersteller*innen bieten 20 oder 25 Jahre Garantie auf die Funktion der Module.

Somit sollte auch die Unterkonstruktion mindestens eine Haltbarkeit von 30, besser über 40 Jahren aufweisen. Hierzu kann eine Vielzahl von Materialien eingesetzt werden, siehe Kapitel technische Rahmenbedingungen.

Die Lebensdauer des Wechselrichters liegt bei 10-15 Jahren, ein Tausch ist problemlos möglich.

4.3.1 Pflege der Pflanzen und Pflanzflächen

Laut der relevanten **ÖNORM L1120** umfasst die Grünraumpflege folgende Pflegeschritte¹⁵:

Die **Anwuchspflege** vereint Pflegearbeiten vom Zeitpunkt der Ansaat bzw. der Bepflanzung bis zur Abnahme. Das Ziel ist es eine ungestörte Weiterentwicklung der Vegetation sicherzustellen. Die Anwuchspflege sollte jedenfalls teil einer Ausschreibung eines PV-Dachgartens sein.

Die **Entwicklungspflege** erstreckt sich meistens über den Gewährleistungszeitraum (oft drei Jahre) und schließt direkt an die Anwuchspflege an. Sie dient der Erziehung und der Entwicklung einer vitalen Vegetation. Die im Anschluss folgende **Erhaltungspflege** dient schlussendlich der Erhaltung des funktionsfähigen Zustandes sowie ansprechendem Aussehen.

Abgesehen von den Ferienzeiten können und sollen viele Pflegearbeiten der Vegetation durch Schüler*innen erfolgen. Hierfür müssen geeignete Gartengeräte bereitgestellt werden. Besonders aufwändige und heikle Pflegeschritte wie die Anwuchs- und Entwicklungspflege, der Erziehungsschnitt von Bäumen und Kletterpflanzen oder gar die Wartung der automatischen Bewässerung sollten nur unter fachlicher Anleitung durch Professionist*innen erfolgen.

Die Pflanzenpflege in Schulfreiräumen ist vor allem im Sommer eine Herausforderung, da nur wenig oder nahezu kein Personal vor Ort ist. Der Schulfreiraum kann meistens im Sommer nicht ohne weiteres betreten werden, weshalb eine Pflege durch Eltern oder Schüler*innen ebenfalls nur bedingt möglich ist. Daher sollten alle Pflanzflächen so ausgeführt werden, dass ein möglichst geringer Pflegeaufwand im Sommer sichergestellt werden kann. Mögliche und sinnvolle Maßnahmen sind:

- Die Nutzung von robusten und standortgerechten sowie pflegeleichten Pflanzen
- Hochwertige Substrate mit großem Wasserspeichervolumen, Mulchschicht, Retentionsebene
- Die Installation einer automatischen Bewässerung inkl. saisonaler Anpassung und Anpassung an die Witterung sowie Störungsmeldung bei Fehlfunktion
- Sicherstellung der Zugänglichkeit im Sommer zur Durchführung nötiger Pflegearbeiten
- Verzicht auf Pflanzen, die außerhalb der Schulzeit Früchte tragen und somit die Flächen verschmutzen, da sie nicht geerntet werden
- Regelmäßige Sichtkontrolle der Vegetationsflächen durch Schulpersonal, Definition eines Ablaufes bei optisch erkennbaren Mängeln wie Trockenstress, Überwässerung oder ungewolltem Wuchern (z.B. Meldung des Mangels durch Reinigungspersonal oder Schulwart*in und zeitgerechte Behebung des Mangels durch Pflegepersonal oder Eltern, Schüler*innen, Pädagog*innen.
- Bepflanzung aller Schüler*innenbeete mit einjährigen Pflanzen, die außerhalb der Ferienzeit geerntet werden können.

Für detaillierte Informationen zum Thema Bewässerung, Nährstoffversorgung und weiteren vegetationstechnischen Details siehe auch Kapitel technische Rahmenbedingungen.

4.3.2 Erforderliche Mindestausstattung

Die Mindestausstattung des PV-Dachgartens richtet sich sehr stark nach der angestrebten Nutzung. Soll der PV-Dachgarten vorwiegend als Freiraumklasse dienen, steht der Pflanzenanbau im Fokus. Sind weitere Nutzungen wie Spiel und Sport vorgesehen? Dann sollte dies bei der Pflanzenauswahl und Ausführung der Pflanzbeete berücksichtigt werden.

Es ist davon auszugehen, dass die meisten PV-Dachgärten Sitzelemente aufweisen. Diese sollen variabel und anpassbar an unterschiedliche Nutzungen sein. Auch Tische sind ein wichtiges und sinnvolles Element. Eine Bestuhlung für Frontalunterricht ist eher ungeeignet. Ob eine Tafel erforderlich ist, kann individuell entschieden werden. Nach Möglichkeit sollte Strom verfügbar gemacht werden, wobei 2-3 Stromanschlüsse ausreichend sein sollten. Eine Beleuchtung ist nicht zwingend erforderlich, außer eine Nutzung am Abend und in der Nacht ist vorgesehen. Eine Notbeleuchtung kann vorgesehen werden, von einer darüberhinausgehenden Dauerbeleuchtung ist aufgrund des Lichtverschmutzungspotenzials abzusehen.

Eine automatische Bewässerung senkt das Ausfallrisiko und ist daher dringend empfohlen. Dabei ist auf die Wasserqualität zu achten, Trinkwasser sollte grundsätzlich sparsam eingesetzt werden.

Die erforderlichen Gartengeräte sollten von Beginn an zur Verfügung stehen. Ein kleiner, versperrender Schuppen sorgt dafür, dass die Geräte langfristig nutzbar sind und nicht entwendet werden. Auch das Vandalismusrisiko wird reduziert, wenn Spaten, Schaufeln und Schubkarren nicht immer zugänglich sind.

Substrate, Dünger und Pflanzen sollten vor allem am Beginn zur Verfügung gestellt werden. Andernfalls besteht das Risiko, dass der Dachgarten nicht bespielt wird. Viele Nutzpflanzen können auch als Saatgut bereitgestellt und im Unterricht vorkultiviert werden.

Es sollte außerdem eine Möglichkeit geschaffen werden, Kompost zu erzeugen. Neben dem ökologischen Mehrwert ergeben sich dadurch auch pädagogische Vorteile.

Komposter und andere Elemente wie einfache Möbel, Pflanztröge und Rankhilfen können auch durch Schüler*innen hergestellt werden. Upcycling kann dabei zu einem reduzierten Ressourceneinsatz führen. Die Schüler*innen identifizieren sich mit ihren selbstgebauten Elementen. Beim Selbstbau sollten jedoch die technischen Anforderungen beachtet werden. Dies betrifft vor allem die Anforderungen hinsichtlich Sicherheit und Aufstiegshilfe. Andere Anforderungen wie z.B. die Haltbarkeit können bei Selbstbaumöbeln unbeachtet bleiben, da bei Verwendung umweltverträglicher Baumaterialien nichts gegen einen regelmäßigen Neubau der Möbel spricht.

Eine umfassende Übersicht unterschiedlicher Elemente, die in einem Schulgarten umgesetzt werden können, findet sich im Handbuch **WEGE ZUR NATUR ... IM SCHULGARTEN: land-oberoesterreich.gv.at/files/publikationen/Uak_Natur_Schulgarten.pdf**

4.4 Mehrwert für die Umwelt

Ein naturnaher, grüner und diverser PV-Dachgarten kann einen wertvollen Beitrag zur Stadtnatur liefern. Hierbei ist es jedoch essenziell, dass die Pflanzenauswahl auf Basis ökologischer Parameter erfolgt. Hierzu zählt der Einsatz von Futterpflanzen für Wildbienen (Nektar) und andere Insekten sowie Vögel (Samen), der Verzicht auf toxische Spritzmittel sowie nicht-biologische Düngemittel. Der Dachgarten sollte in der Nacht nicht beleuchtet werden, damit es zu keiner Lichtverschmutzung kommt. Auf Vertikalverglasungen sollte verzichtet werden. Sind diese unumgänglich, müssen sie gemäß ONR 191040 vogelsicher ausgeführt werden. Informationen hierzu finden sich unter anderem im folgenden Dokument: nabu-dresden.de/wp-content/uploads/2021/03/Handlungsleitfaden-GEB%C3%84UDEsanierungt3_kamenzer.pdf.

Darüber hinaus können im PV-Dachgarten Nisthilfen für unterschiedlichste Wildtiere errichtet werden. Neben klassischen Vogelnisthäuschen kann der PV-Dachgarten auch weiteren Tieren als Behausung dienen. Weitere Informationen zu Nisthilfen für Wildbienen stellt beispielsweise die Stadt Wien zur Verfügung: wien.gv.at/umweltschutz/naturschutz/biotop/wildbienen.html#:~:text=Die%20Holzbiene%20bevorzugt%20Parks%20und,ist%20eine%20besonders%20seltene%20Art.

Tipps für den Bau von Nisthilfen für Fledermäuse sind beispielsweise auf der Website des NABU zu finden: nabu.de/tiere-und-pflanzen/saeugetiere/fledermaeuse/aktiv-fuer-fledermaeuse/fledermauskasten.html.

Darüber hinaus freuen sich viele Wildtiere über eine Trinkmöglichkeit, vor allem im heißen Sommer.

Ein derart nachhaltig und divers gestalteter Dachgarten kann ein wertvoller Trittstein im städtischen Grünraumnetzwerk sein. Weitere Maßnahmen zur Ökologisierung des PV-Dachgartens sind unter anderem:

- Verwendungen wertvoller, heimischer und seltener Pflanzen, Nutzung von standortangepasstem, autochthonem Saatgut (kann z.B. über das REWISA-Netzwerk¹⁶ bezogen werden). Bei der Pflanzenauswahl auf möglichst ganzjähriges Nahrungs- und Nistangebot achten (z.B. keine Sorten mit gefüllten Blüten ohne Pollen, Verzicht auf Bambus, Kirschlorbeer, Zierkirsche usw.)
- Nutzung ökologischer, lokaler Substrate, Wiederverwertung der Substrate durch Zugabe von Kompost und organischem Dünger
- Bereitstellung von ausreichend Substratvolumen
- Herstellung von Kompost am Dach, Herstellung von Wurmhumus
- Anbau von Nutzpflanzen, Beachtung der Fruchtfolge
- Sparsame Nutzung von Trinkwasser, vorwiegend Regenwassernutzung
- Bereitstellung unterschiedlicher Lebensräume durch die Integration naturnaher Elemente Totholz, Steinschichtungen, Lehm, Sand, Laubhaufen u.a.
- Ökologische Pflege (Pflanzen im Winter stehen lassen, Nistzeiten beachten u.Ä.)
- Bereitstellen von temporären Wasserflächen
- Schaffen von Ruhezeiten und Nistplätzen in unzugänglichen Dachbereichen
- Gezielte Ansiedelung von Nützlingen
- Schaffung von Schattenbereichen und anderen kühlen Flächen (Dächer werden im Sommer sehr heiß)
- Schaffung von geschützten Bereichen zur Überwinterung (Schutz vor Kälte und Wind)



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 Dachzugänge 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 Dachboden-ausbau 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 aufgebracht wird, über andere Strukturen abgeleitet werden.

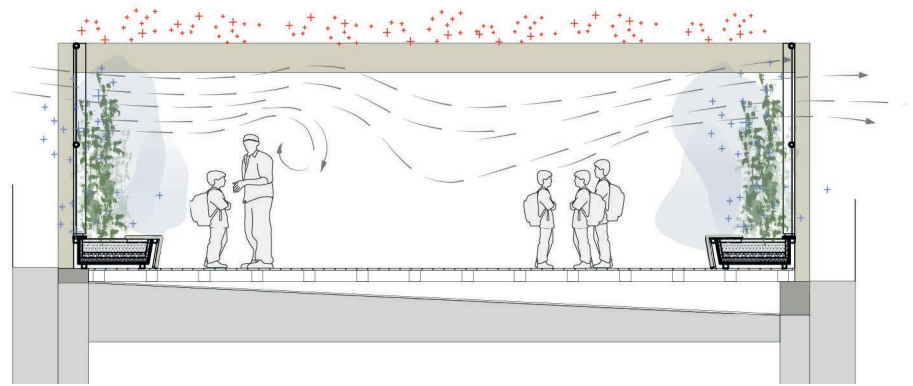


Abb. 14: Beispiel für die Überbauung eines Schrägdachs (GREEN4CITIES, 2022)

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/m² 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.

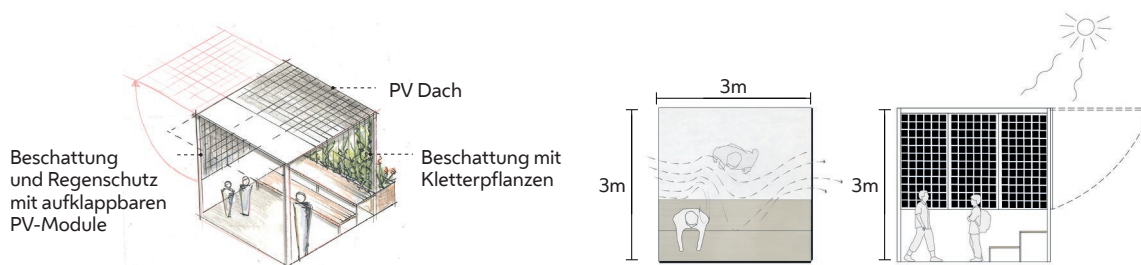


Abb. 17: Beispiel für eine senkrechte Montage von PV-Modulen (GREEN4CITIES, 2023)

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 waagerecht 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.

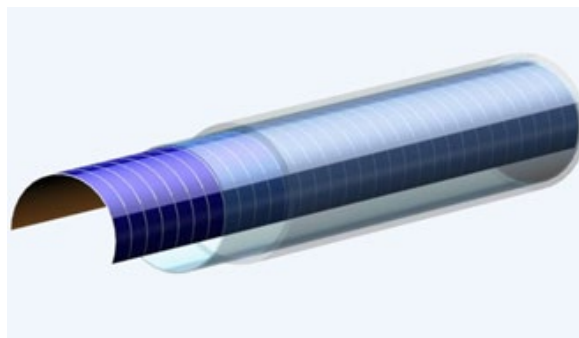


Abb. 18: Röhrenförmiges PV-Modul, (TubeSolar AG, o.J.)

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.

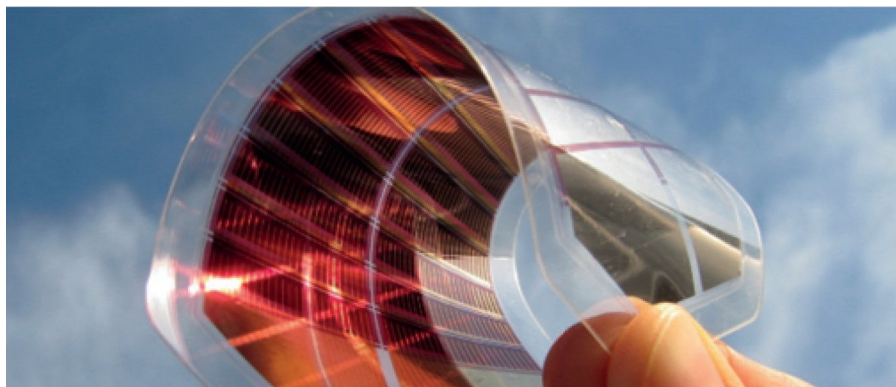


Abb. 20: Organische Solarzelle (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, o.J.)

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://pub.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.

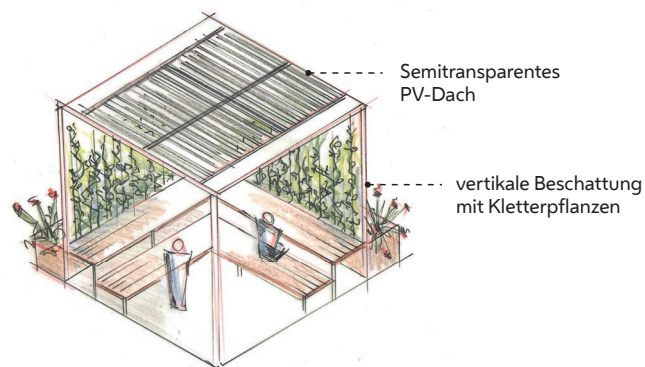


Abb. 22: Vertikale Beschattung mit Kletterpflanzen und PV-Dach (GREEN4CITIES, 2022)

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 sowie

FLL Fassadenbegrünungsrichtlinien:

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)

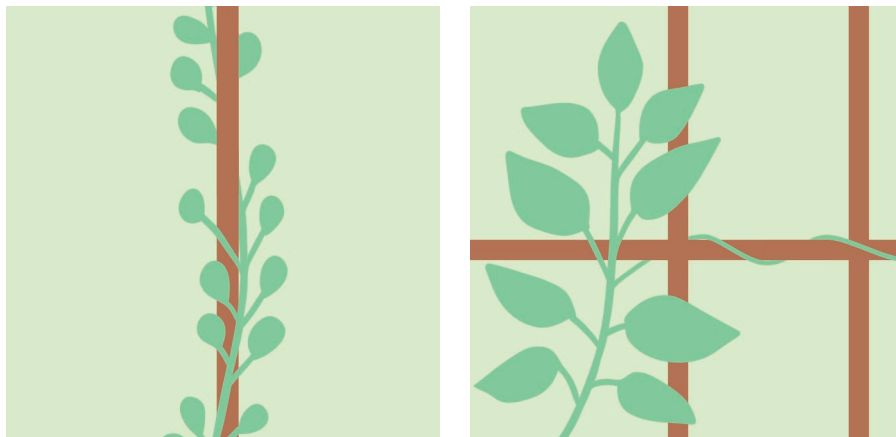


Abb. 25 & 26: Spreizklimmer, Selbstklimmer (GREEN4CITIES, 2024)



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.

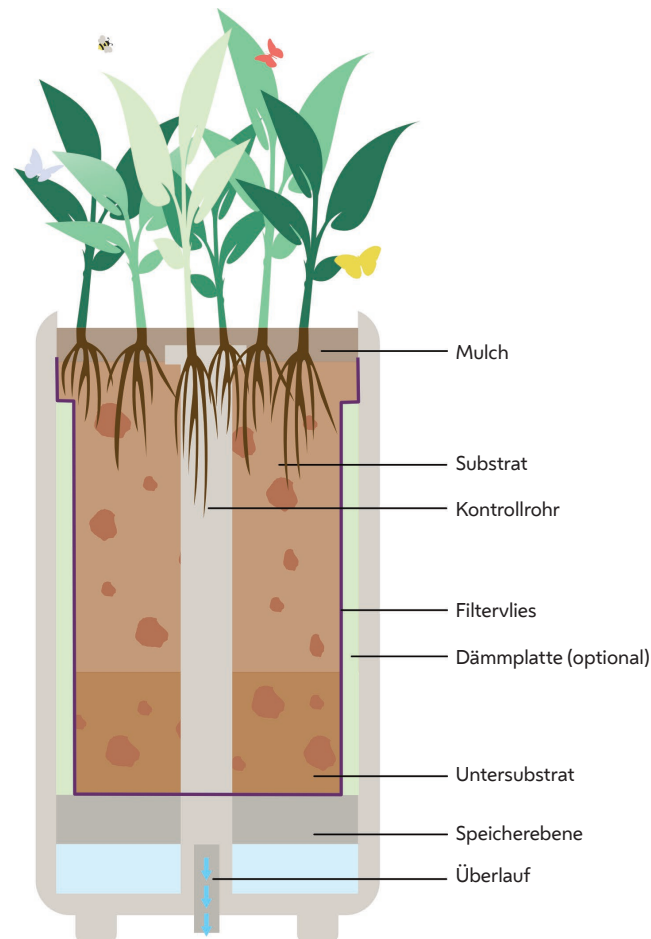


Abb. 27: möglicher Aufbau eines Pflanztrogs (GREEN4CITIES 2024)

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.

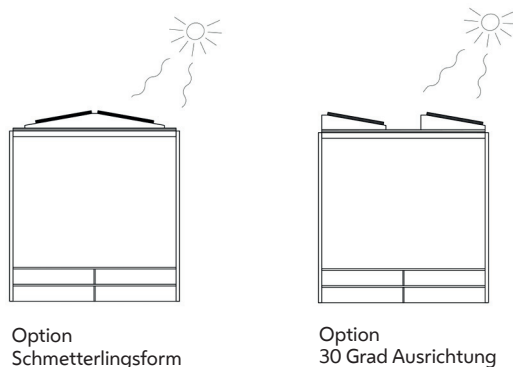


Abb. 28: Geeignete PV-Flächen (GREEN4CITIES, 2022)

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/mm²), S355 (beruhigter Stahl, Streckgrenze von 355 N/mm²). 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 werden¹⁷.

Theoretisch kann Stahl zu 100% wiederverwertet werden, wobei aktuell im Bauwesen von einer Sammelquote von etwa 97-99 % ausgegangen wird¹⁸.

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)¹⁹.

*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 acetylierte 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 Holzfaserplatten. 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.

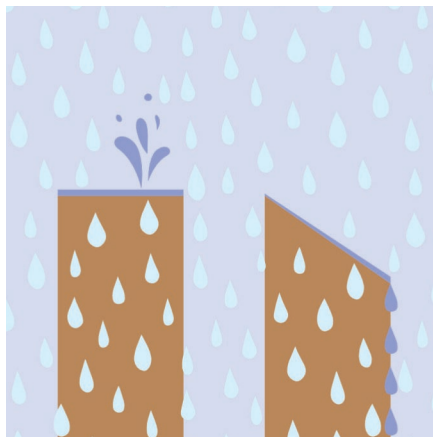
Konstruktiver Holzschutz

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)



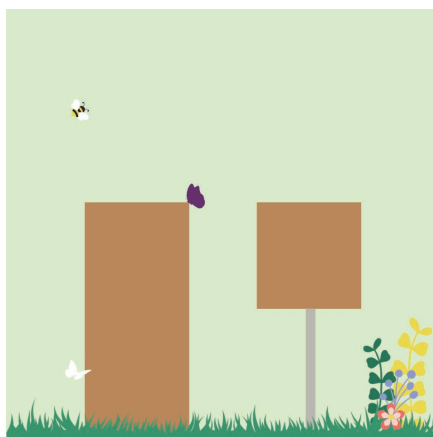
Eine weitere Möglichkeit, Holz vor eindringendem Niederschlagswasser zu schützen stellt das Abdecken bzw. Verblenden des Holzteils dar. Hierbei sollte darauf geachtet werden, dass ein Austrocknen des Holzes durch die Abdeckung nicht verhindert wird. Dies kann durch Hinterlüftung sichergestellt werden.

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 Umweltschutzbelaugen 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 Hälfte²⁰.

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%²¹. Aktuell stammen weltweit jedoch nur ca. 30 % des Aluminiums aus Recycling. Daher sollte Aluminium möglichst sparsam eingesetzt werden²².

5.6.6 Kunststoffe

Auch Kunststoffe können bei der Errichtung eines PV-Dachgartens unter bestimmten Vorraussetzungen 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 sind²³.

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 fertigen²⁴.

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 erstellen²⁵. 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 kg/m^3 angenommen werden, bei Wassergesättigten sind hingegen Gewichte ab 900 kg/m^3 üblich. Klassische Dachsubstrate haben Trockengewichte von ca. $800\text{-}1000 \text{ kg}$ und weisen wassergesättigt ein Gewicht von 1250 bis 1800 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.

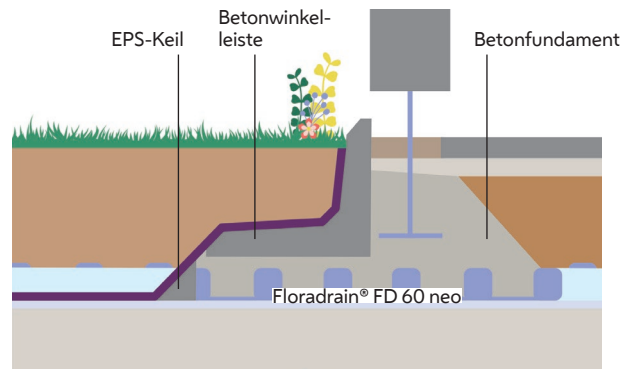


Abb. 32: Auflastverankerung mit einem Betonfundament aus Ort- und Fertigbeton (GREEN4CITIES nach ZINCO, 2024)

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/m² auf, was ca. 550 Kg/m² entspricht.

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 CO₂-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 Aufstiegs- hilfe genutzt werden. In diesem Fall müssen alle Aufstiegs- hilfen 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.

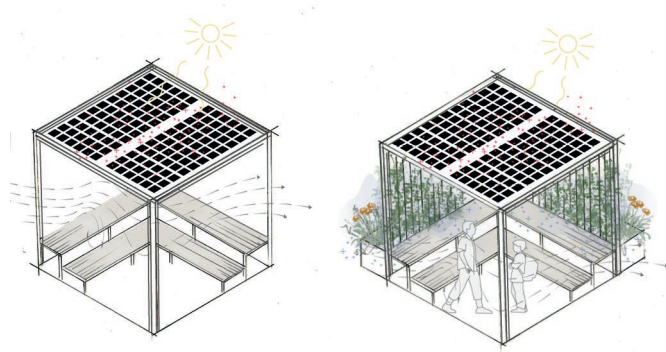


Abb. 33: Beispiel für ein fest installiertes Möbel in einem PV-Dachgartenmodul (GREEN4CITIES, 2022)

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-

matische 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.

Einzeltropfer

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

Tropfrohre

Die Funktion ist mit den Einzeltropfern ident, jedoch sind hier die Tropfer direkt im Schlauch eingebaut. Der Abstand der Öffnungen im Schlauch beträgt meistens zwischen 20 und 33 Zentimeter. Die Wasserabgabe je Tropfer 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 Bubblern 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 Tropfern 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.

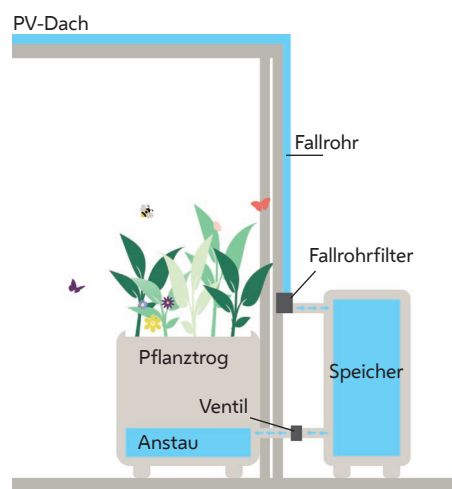


Abb. 34: Schematische Darstellung einer Anstau-bewässerung mit Speicher (GREEN4CITIES, 2024)

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.

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 Photovoltaikanlagen²⁶

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 gefahrloser 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.

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 ist²⁶.

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 erfordern²⁷.

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.

Folgende Richtlinien sind für den normgerechten Überspannungsschutz von Photovoltaik-Anlagen zu berücksichtigen²⁸:

- 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 Be- kletterung

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 Trittfläche 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

- 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.



6. Rechtliche Rahmenbedingungen

Dieses Kapitel bietet einen Überblick über die wichtigsten rechtlichen Rahmenbedingungen.

6.1 Baugenehmigung

Je nach Bauart des PV-Dachgartens können unterschiedliche Genehmigungsverfahren erforderlich sein.

6.1.1 PV-Dachgarten mit Überkopfverglasung sowie Trägerstruktur

Ein PV-Dachgarten verfügt durch die PV-Module über ein wasserundurchlässiges, festes Dach, welches kraftschlüssig mit der Trägerstruktur verbunden ist. Somit ist eine Baugenehmigung erforderlich, die Höhe des PV-Dachgartens bzw. des PV-Daches ist Teil der Gebäudehöhe.

Bei einem klassischen PV-Dachgarten handelt es sich somit nicht um eine Pergola, da diese im weitesten Sinne ein einfaches Rankgerüst ohne festes, regendichtes Dach darstellt. Üblicherweise befinden sich Pergolen in einer Gartenlandschaft, meistens zu ebener Erde.

Wird ein PV-Dachgarten flugdach- oder pergolenartig errichtet, sollte jedenfalls vorab Kontakt mit der Magistratsabteilung 37 aufgenommen werden, da für die Errichtung mit größter Wahrscheinlichkeit ein Baubewilligungsverfahren nach § 70a der Bauordnung für Wien (BO) erforderlich ist.

6.1.2 Bewilligungsfreie PV-Anlagen gemäß § 62a Abs. 1 Z 24 BO²⁶

Gemäß § 62a Abs. 1 Z 24 BO bedarf die Errichtung von PV-Anlagen an Gebäuden mit einem Fluchtniveau von nicht mehr als 11 m außerhalb vom Grünland – Schutzgebiet sowie von Schutzzonen und Gebieten mit Bausperrung weder einer Baubewilligung noch einer Bauanzeige.

6.1.3 Bauanzeigepflichtige PV-Anlagen gemäß § 62 Abs. 1 Z 4 BO²⁶

Weiters stellt die Errichtung folgender Arten von PV-Anlagen „keine wesentliche Änderung der äußeren Gestaltung des Bauwerkes“ dar, sodass eine Bauanzeige gemäß § 62 Abs. 1 Z 4 BO genügt:

- auf Steildächern freistehender Gebäude mit nur einer Wohnung (Einfamilienhäuser)
- auf Steildächern von Kleingartenwohnhäusern und Kleingartenhäusern
- auf Steildächern, welche zu Hofbereichen ohne öffentliche Nutzung gerichtet sind
- auf Steildächern, welche zu öffentlich nicht einsehbaren eigenen Gärten gerichtet sind
- auf Schrägdächern parallel zur Dachneigung (knapp darüber), ausgenommen in Schutzzonen
- auf sehr einsehbaren Dächern von Gebäuden, die vor dem 01.01.1945 errichtet wurden
- auf Flachdächern mit geneigten PV-Modulen, wenn ein Randabstand der doppelten (senkrecht gemessenen) Modulhöhe eingehalten wird
- auf Flachdächern, wenn die PV-Module die Höhe der Dachkante bzw. Attika um nicht mehr als 1 m überragen, ausgenommen in Schutzzonen

6.1.4 Baubewilligungspflichtige PV-Anlagen gemäß § 70 iVm § 60 Abs. 1 lit. j BO²⁶

Mit Inkrafttreten der Bauordnungsnovelle 2014 (LGBl. Nr. 25/2014) am 15. Oktober 2014 bedarf die Anbringung von PV-Anlagen an Gebäuden mit einem Fluchtniveau von mehr als 11 m gemäß § 60 Abs. 1 lit. j BO einer Bewilligung der Behörde.

6.1.5 Aufstellung von PV-Anlagen im Gelände in Form von Flugdächern²⁶

Für die Aufstellung von PV-Anlagen in Form von Flugdächern auf unmittelbar bebaubaren Flächen im Bauland haben die Festsetzungen für Flugdächer gemäß §§ 60 Abs. 1 lit a, 62a Abs. 1 Z 13 und 28 BO vor dem Hintergrund der Festsetzungen zur baulichen Ausnützbarkeit der Bauplätze im 8. Teil der BO (§§ 75 bis 86 BO) in der Beurteilung Anwendung zu finden.

6.1.6 Abstimmung mit dem Stadtbild

Vor allem dann, wenn der PV-Dachgarten von der Straße oder einer angrenzenden Freifläche sichtbar ist, sollte dieser so gestaltet werden, dass er mit dem Stadtbild vereinbar ist. Dies gilt insbesondere in Schutzzonen. In gewissen Gebieten kann auch die Dachlandschaft als Schützenswert

gelte. Eine Abstimmung des Bauvorhabens mit der Magistratsabteilung 19 wird daher situationsabhängig empfohlen.

6.2 Genehmigung gemäß Wiener Elektrizitätswirtschaftsgesetz 2005 – WEIWG 2005²⁶

PV-Anlagen mit einer Engpassleistung von maximal 15 KW sind weder bewilligungs- noch anzeigepflichtig, wenn diese nicht vertikal (beispielsweise an einer Fassade) montiert sind oder mit einem Stromspeicher betrieben werden.

Für Anlagen mit einer Engpassleistung über 15 KW bis 50 kW ist im Sinne des § 11 Abs. 1 des Wiener Elektrizitätswirtschaftsgesetzes 2005 eine Anzeige erforderlich.

Für Anlagen mit einer Engpassleistung von mehr als 50 kW und höchstens 100 kW ist ein vereinfachtes Verfahren, für Anlagen mit einer Engpassleistung von mehr als 100 kW eine Genehmigung erforderlich. Das entsprechende behördliche Verfahren wird durch die MA 64 durchgeführt.

Keiner Anzeige oder Genehmigung nach dem Wiener Elektrizitätswirtschaftsgesetz 2005 bedürfen darüber hinaus Erzeugungsanlagen (PV-Anlage), die ganz oder teilweise gewerberechtlichen, eisenbahnrechtlichen, bergbaurechtlichen, luftfahrtrechtlichen, schifffahrtrechtlichen oder abfallrechtlichen Bestimmungen unterliegen. Auch Anlagen, die ganz oder teilweise Fernmeldezwecken oder der Landesverteidigung dienen, sowie solche, die mobil sind, benötigen keine Anzeige.

6.3 Genehmigung gemäß Gewerbeordnung – GewO²⁶

„Unabhängig von örtlichen Umständen und der konkreten Ausführung gefährden oder beeinträchtigen PV-Anlagen die gemäß § 74 Abs. 2 Z 1 bis 5 GewO 1994 geschützten Interessen in der Regel nicht. Daher sind solche Vorhaben zunächst als nicht genehmigungspflichtig zu betrachten, insofern nicht spezifische ungewöhnliche oder gefährliche örtliche Umstände vorliegen. Hierzu zählen beispielsweise die Situierung in einem Gefährdungsbereich (etwa bei Versperren von Notausgängen, explosionsgeschützte Bereiche u.Ä.); die Situierung in einem Bereich, der für die Gewährleistung eines störungsfreien Verkehrsflusses relevant ist (etwa Blockieren eines Zufahrtsweges zu einer öffentlich benützten Einrichtung) oder spezifische ungewöhnliche Ausführungsweisen (etwa technisch unsichere Installationsausführung), die für eine Genehmigungspflicht im konkreten Sonderfall sprechen. Das entsprechende behördliche Verfahren wird durch die zuständigen Magistratischen Bezirksämter durchgeführt.

6.4 Erforderliche Unterlagen im Bewilligungsverfahren je nach Art und Größe der Anlage²⁶

Die PV-Module, welche im Projekt zum Einsatz kommen sollen, sind von einer akkreditierten Prüfstelle nach IEC 61215 zu prüfen bzw. es muss für den Einbau ein solches Prüfzeugnis vorliegen.

Für die Beurteilung einer PV-Anlage aus baurechtlicher Sicht sind darüber hinaus folgende Unterlagen bzw. Nachweise – soweit zutreffend – erforderlich:

- Lageplan
- Grundriss: Dachdraufsicht mit Darstellung der PV-Anlage inklusive aller relevanten Abstände
- Ansicht bzw. Schnitt des gesamten Gebäudes
- Darstellung des Wechselrichters (falls nicht auf Dach, ist jenes Geschloß darzustellen, in dessen Raum sich der Wechselrichter befindet)
- Angabe der anlagentechnischen Brandschutzeinrichtungen im Gebäude (z.B. Brandmeldeanlage einschl. Schutzbereich, Art der automatischen Löschanlage)
- brandschutztechnische Nachweise
- Aufbau der obersten Decke, auf der die PV-Anlage errichtet wird bzw. Aufbau der Außenwand, an der die PV-Anlage angebracht wird
- Bestätigung bzw. Nachweis hinsichtlich Blendung

6.4.1 Dokumentation der PV-Anlage in öffentlichen Gebäuden

Die Dokumentation ist in digitaler und Papier-Form (3-fache Ausführung) spätestens bei der Übernahme der Stadt Wien zu übergeben.

Die Dokumentation besteht aus:

- Berechnungsgrundlagen für die Errichtung der PV-Anlage, Sonnenwegediagramm, statische Nachweise usw.
- Übersichtsplan der gesamten PV-Anlage mit Nenndaten der eingesetzten Betriebsmittel
- Prüfprotokolle der Module
- Nachweis über die Erfüllung der an den PV-Wechselrichter gestellten Anforderungen, z.B. durch Vorlage einer Konformitätserklärung der Hersteller*in
- Nachweis über die Typprüfung bei Einsatz von nicht-inselnetzbetriebsfähigen PV-Wechselrichtern oder Typprüfung einer externen selbsttätigen Freischaltstelle
- Beschreibung der eingebauten Schutzeinrichtungen mit genauen Angaben über Art, Fabrikat, Schaltung und Funktion, falls kein nicht-inselnetzbetriebsfähiger PV-Wechselrichter verwendet wird
- Nachweis über die UV- und Temperaturbeständigkeit der Verkabelung
- Bestandspläne, Schaltpläne (dxf- oder dwg-Format) mit Kabelwegen, mit Art und Dimensionen der Installationen
- Messprotokoll der Solaranlage DC (Betriebsstrom, Betriebsspannung, Kurzschlussströme, Leerlaufspannung, Isolationswiderstand) unter Angabe der klimatischen Bedingungen während der Messung
- Anlagenbuch (z.B. mit Bedienungsanleitung, Wartungsanweisungen)

6.5 Nachbar*innenrechte im Zuge des Bewilligungsverfahrens eines PV-Dachgartens²⁶

Ein PV-Dachgarten mit einem festen Dach ist laut BO-Wien jedenfalls bewilligungspflichtig. Nachbar*innen steht das Recht zu, gegen die Bauführung Einwendungen zu erheben, die sich auf subjektiv-öffentliche Nachbar*innenrechte stützen müssen. Dabei handelt es sich um Rechte der Nachbar*innen, auf deren Einhaltung sie einen Rechtsanspruch haben und die in § 134a BO-Wien geregelt sind.

Folgende Bestimmungen können hierbei bei der Errichtung und Genehmigung eines PV-Dachgartens relevant sein:

- Der Abstand eines Bauwerkes zu den Nachbargrundgrenzen (ausgenommen sind Bauführungen unterhalb der Erdoberfläche)
- Die Gebäudehöhe
- Die flächenmäßige Ausnützbarkeit von Bauplätzen, Baulosen und Kleingärten
- Die Fluchtlinien, über die das Bauwerk grundsätzlich nicht ragen darf

Es können aber nur solche Rechte geltend gemacht werden, aufgrund deren Verletzung die/der Nachbar*in selbst betroffen wäre (d.h. sie/er kann beispielsweise nur eine Überschreitung der zulässigen Gebäudehöhe an der ihrer/seiner Liegenschaft zugekehrten Front einwenden).

Derartige Einwendungen müssen durch Nachbar*innen spätestens bei der mündlichen Bauverhandlung eingebracht werden.

6.5.1 Nachbar*innenrechte hinsichtlich der Errichtung von PV-Anlagen allgemein

Nachbar*innenrechte, soweit sie zulässig sind (siehe nachstehend), können grundsätzlich nur im Rahmen eines Bewilligungsverfahrens nach § 70 BO, jedoch nicht bei Bauanzeigen (§ 62 Abs. 1 Z 4 BO) oder bewilligungsfreien Bauvorhaben (§ § 62a Abs. 1 Z 24 BO) geltend gemacht werden.

Gemäß § 134a Abs. 2 BO können bei PV-Anlagen auf Bauwerken und Bauwerksteilen mit gewerblicher Nutzung im Industriegebiet, im Gebiet für Lager- und Ländeflächen, in Sondergebieten, im Betriebsbaugebiet sowie im sonstigen gemischten Baugebiet Immissionen im Sinne des § 134a Abs. 1 lit. e BO nicht eingewendet werden, sofern auf sie das gewerberechtliche Betriebsanlagenrecht zur Anwendung kommt.

Bei PV-Anlagen, die dem (vereinfachten) Bewilligungsverfahren nach dem WEIWG 2005 unterliegen, können Immissionen aufgrund des gleichwertigen Schutzes der Nachbar*innenrechte im Sinne des § 134a Abs. 2 BO nicht eingewendet werden.

Bei PV-Anlagen auf Bauwerken zu Wohnzwecken, für Schulen oder Kinderbetreuungseinrichtungen können Immissionen grundsätzlich nicht eingewendet werden.

Wer ist Nachbar*in?

Unter Nachbar*innen versteht die Bauordnung für Wien (BO) die Grundeigentümer*innen oder Grundmieteigentümer*innen einer Nachbarlie-

genschaft. Benachbarte Liegenschaften sind jene, die mit dem Bauplatz eine gemeinsame Grenze haben, oder nur durch „Fahnen“ (schmaler Streifen eines Bauplatzes, der zur Straße führt) oder eine höchstens 20 m breite öffentliche Verkehrsfläche getrennt sind und (in diesem Fall) dem Bauplatz gegenüberliegen. Keine Nachbar*innen sind Mieter*innen oder Pächter*innen einer Nachbarliegenschaft.

6.6 Haftungs- und Schadensrechtliche Aspekte

Ein PV-Dachgarten kann auf unterschiedliche Art und in unterschiedlichem Umfang versichert werden.

Eine **Haftpflichtversicherung für PV-Anlagen** deckt Schäden ab, die durch die Anlage Dritten zugefügt werden können. Beispiele hierfür sind Rauchschäden bei einem Brand der PV-Anlage oder Schäden, die durch ein Herabfallen der Module auftreten.

Eine **Allgefahrenversicherung** deckt hingegen die meisten Schäden ab, die an einer Photovoltaikanlage entstehen können. Hierzu zählen Vandalismus, Wetterschäden und Diebstahl. Eine **Ertragsausfallversicherung** ersetzt Ertragsausfälle, welche durch Schäden an der Anlage auftreten.

Oft werden PV-Versicherungen als Paket angeboten.



7. Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

© WH International Services/ Regina Hügli, o.J.

Die Kosten eines PV-Dachgartens sind sehr unterschiedlich und stehen in enger Abhängigkeit zur Ausstattung der Anlage. Auch das Material spielt hierbei eine wichtige Rolle. Holz und verzinkter Stahl sind üblicherweise günstiger als Edelstahl und Aluminium. Pflanztröge aus Holz und Kunststoff sind relativ günstig, Tröge aus Faserbeton und Metall haben oft einen höheren Preis.

Auch bei den Möbeln gibt es Unterschiede. Standardmobiliar ist für die Nutzung im PV-Dachgarten häufig nur bedingt geeignet und unpraktisch. Modulare, wandelbare Möbel müssen speziell angefertigt werden, hierdurch erhöht sich der Preis.

Eine günstige Alternative kann der Selbstbau bzw. das Upcycling darstellen. Als Basis können zum Beispiel Paletten, Holzplatten oder gebrauchte Schulmöbel dienen. Daraus können, gemeinsam mit den Schüler*innen, Pädagog*innen und Freiwilligen, für den Standort optimierte Möbel gebaut werden. Dabei sollte jedoch darauf geachtet werden, dass die Möbel eine sichere Benutzung erlauben und sich die Kinder nicht durch Holzsplitter, scharfe Kanten oder anstehende Schrauben und Nägel verletzen können.

Zur Rentabilitätsermittlung und als Dimensionierungshilfe der PV-Anlage können unterschiedliche Werkzeuge herangezogen werden. PV-Austria bietet auf seiner Website eine umfangreiche Auswahl an Entscheidungshilfen und Berechnungstools (Näheres siehe: pvaustria.at/pv-tools/)

Ein relativ einfaches Werkzeug zur Optimierung der PV-Anlage stellt der

SONNENKLAR-RECHNER dar. Er erlaubt es interessierten Nutzer*innen, durch die Eingabe weniger Parameter, die optimale Größe der PV-Anlage zu ermitteln.

Das PV-Tool (Stand April 2022) der Österreichischen Energieagentur ermöglicht eine rasche Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen im Neubau und bei Sanierungsvorhaben. Es handelt sich um ein Excel-Tool, das zur Nutzung heruntergeladen werden muss.

7.1 Fördermöglichkeiten für PV-Dachgärten

Alle Relevanten PV-Förderungen für die Stadt Wien können unter folgendem Link eingesehen werden:

wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/foerderungen/strom.html

Informationen zur PV-Gründachförderung:

wien.gv.at/amtshelfer/bauen-wohnen/energie/alternativenergie/photovoltaikanlagen-auf-gruendaechern.html

Die Wiener Umweltschutzabteilung fördert Dachbegrünungen, die Fördersumme richtet sich dabei nach der Fläche der Begrünung und der Substrathöhe. Grundsätzlich müssen die Anforderungen der ÖNORM L1131 für eine Förderbarkeit eingehalten werden. (Näheres siehe: **wien.gv.at/amtshelfer/umwelt/umweltschutz/naturschutz/dachbegrue-nung.html**)

Unter folgendem Link sind weitere PV-Förderaktionen (Österreichweit) einsehbar:

oesterreich.gv.at/themen/bauen_wohnen_und_umwelt/energie_sparen/1/Seite.2430320.html

7.2 Kosten und mögliche Erträge eines PV-Dachgarten

Die Kosten eines PV-Dachgartens hängen wesentlich mit der technischen Ausführung und Ausstattung zusammen. Bei guter Planung können PV-Dachgärten im Zuge einer Neuerrichtung einer Dachfläche recht kostengünstig errichtet werden. Die Kosten für die Grundkonstruktion weichen in diesem Fall unter Umständen nur in geringem Ausmaß von jenen ab, die zu ebener Erde entstehen würden. Natürlich spielt auch der gestalterische Anspruch an den Dachgarten eine wichtige Rolle. Bei der Errichtung im Bestand können die Kosten durch gegebene Rahmenbedingungen massiv beeinflusst werden. Diese betreffen vor allem notwendige Änderung am Gebäude (notwenige, statische Verbesserungen, Schaffung von Zugängen und Aufgängen, Schaffen von Anschlüssen, kraftschlüssigen Verbindungen, Abdichtungen, Be- und Entwässerungen...). Auch die Gebäudehöhe und die Zugänglichkeit der Baustelle beeinflussen die Errichtungskosten. Mit Stand 05/2023 können für die Errichtung eines technisch und gestalterisch einfachen PV-Dachgartens unter optimalen Rahmenbedingungen rund 1.100 - 1.400 Euro angenommen werden. Ein PV-Dachgarten mit 80 m² Größe aus unbehandeltem Lärchenholz, auf-lastgetragen durch das Substrat, Eindeckung mit semitransparenten Glas-Glas-Modulen und errichtet auf einem tragfähigen Flachdach, welches bereits über alle notwendigen Ausstattungen verfügt, kostet rund 90.000

- 110.000 Euro. Diese Kostenangaben sind als sehr grober Richtwert zu verstehen, eine Kostenschätzung durch Expert*innen ist unumgänglich!

Ein Dachgarten der oben genannten Bauart könnte pro Jahr in Wien ca. 10.000 kWh PV-Ertrag generieren. Nach 25 Jahren würde der Energieertrag bei ca. 240.000 kWh liegen. Nach dem aktuellen Prognoseszenario von Klimaaktiv, Austrian Energy Agency und Linz AG²⁹ liegt der erzielbaren PV-Ertrag nach 25 Jahren bei 45.000 Euro.

7.3 Breitenwirksamkeit des Konzepts PV-Dachgarten

Sichtbarkeit erhöhen

Da PV-Dachgärten meistens außerhalb der Sichtweite von Passanten liegen, kann es sinnvoll sein, Maßnahmen zu ergreifen, die das Konzept auch zu ebener Erde sichtbar machen.

Eine naheliegende Möglichkeit stellen Schautafeln dar, welche den PV-Dachgarten zeigen. Diese können sehr gut mit Energieanzeigen kombiniert werden, die bei PV-Anlagen auf Gebäuden der Stadt Wien ohnehin angebracht werden sollen.

Natürlich kann der PV-Dachgarten darüber hinaus auch auf der Schulwebsite und in anderen Schulmedien präsentiert werden. Die Wiener Schulen können bei der Errichtung von PV-Dachgärten eine Vorreiterinnenrolle einnehmen, die Schuldachgärten können Leuchttürme für die Skalierung des Konzepts werden. Das Konzept kann durch Aktionen wie einen Tag der offenen Tür (Tag des offenen Schulgartens) und weitere Formate wie Kino am Dach oder Ähnliches beworben werden. Darüber hinaus sollte das Konzept des PV-(Dach)Gartens nicht auf Dächer beschränkt werden, denn es hat vielerorts auch zu ebener Erde Potential. PV-Gärten im Schulvorbereich können bei ausreichender Besonnung sehr effizient sein. Sie sind sichtbar, bieten wertvollen Schatten und können zu einem Aushängeschild der Schule werden.

Außerhalb der Schulzeiten kann der PV-Dachgarten für Veranstaltungen genutzt werden. Auch die Vermietung von derartigen Flächen ist grundsätzlich möglich. Ob diese Nutzungen gewollt und sinnvoll sind, muss individuell entschieden werden. Anmerkung: Je nach Art und Häufigkeit der Veranstaltungen benötigt der PV-Dachgarten eventuell eine Genehmigung als Veranstaltungsstätte nach dem Wiener Veranstaltungsgesetz.

Shared Space

Grundsätzlich können PV-Dachgärten auch auf allgemein zugänglichen Flächen errichtet werden. Hierdurch wird der Mehrwert für die Nachbarschaft massiv gesteigert, der PV-Dachgarten kann zu einem beliebten Treffpunkt werden. Vor allem in den Sommerferien hat dieses Konzept sehr großes Potential.

Gleichzeitig steigt durch die Öffnung des PV-Dachgartens das Risiko von Vandalismus. Es kann zu Beschwerden wegen Lärm kommen. Nicht immer lässt sich eine schulische Nutzung mit einer allgemeinen Nutzung kombinieren, darüber hinaus kann der Schulbetrieb durch eine externe Nutzung beeinträchtigt werden. Beispiele hierfür sind Beschädigungen und Verschmutzungen der Sitzelemente und Tische, das ungewollte Ernten oder Ausreißen von Pflanzen sowie Diebstahl. Daher gelten für

öffentlich zugängliche PV-Dachgärten andere Gestaltungsanforderungen als für solche, die nur im Zuge des Schulbetriebs genutzt werden.



8. Vergleich mit anderen Konzepten für verschattete Freiklassen

© Markus Jeschaunig, 2021

8.1 Sonnensegel und andere textile Verschattungen

Im Gegensatz zu einem PV-Dachgarten handelt es sich bei Sonnensegeln nicht zwingend um ein Bauwerk. Die Segel müssen eventuell im Winter abgenommen werden, da diese durch Schneelasten beschädigt werden können. Sonnensegel sind vergleichsweise wartungsintensiv und daher grundsätzlich eher zu vermeiden, wenn dies möglich ist. Wenn sie trotzdem zum Einsatz kommen, sollten sie mit Gummibändern an der Struktur befestigt werden, da sich hierdurch die Wartung reduziert und die Haltbarkeit verlängert. Einzelne Hersteller*innen bieten hierfür spezielle Lösungen an. Der Einsatz von Sonnensegeln in Schulen ist jedenfalls vorher mit der Magistratsabteilung MA 56 abzuklären.

Sonnensegel weisen keine Vorteile hinsichtlich Energieerzeugung auf, PV-Textilien sind noch in der Prototypenphase und erzeugen nur wenig Energie, die Haltbarkeit ist ungewiss. Sonnensegel sind somit gut als Ergänzung eines PV-Dachgartens geeignet, zur Überbrückung, bis die Vegetation ausreichend beschattend wirken kann. Auch eine Kombination von Segeln und teiltransparenten Modulen kann sinnvoll sein, wenn die Segel beweglich ausgeführt werden. Hierdurch kann die Beschattungintensität variiert werden. Sonnensegel sind so zu montieren, dass sie nicht beschädigt und nicht beklettert werden können. Vertikale Sonnensegel können einen sehr guten Schutz vor Wind und tiefstehender Sonne bieten, doch sie sind besonders anfällig für Beschädigungen und Vandalismus. Der Einsatz solcher Segel muss daher besonders gut geplant werden und sollte nur dann umgesetzt werden, wenn es keine Alternativen


gibt. Beim Segelmaterial soll auf den Brandschutz geachtet werden, die Schutzklasse F90 ist anzuraten.

8.2 Pergolen (Holz, Stahl, Textil als Sonderform, Lamellen als übliche Bauform)

Pergolen gelten nicht als Bauwerk, wenn sie in einer Gartenlandschaft errichtet werden. Eine Pergola darf jedenfalls kein regendichtes Dach aufweisen³⁰. Auf Dachflächen können Pergolen bewilligungspflichtig sein. Pergola und PV-Dachgarten lassen sich sehr gut kombinieren. So kann z.B. ein Teil als klassische Pergola ausgeführt werden, ein Teil kann mit PV-Modulen überdeckt werden.

8.3 Andere Überdachungen

Glasfächer haben keinen Vorteil zum PV-Dachgarten, da eine Kosteneinsparung nur kurzfristig gegeben ist. Die PV-Module amortisieren sich über die Jahre, ein Glasdach nicht. Somit ist ein PV-Glasdach einem klassischen Glasdach jedenfalls vorzuziehen. **Baumpflanzungen** sind am Dach erst ab einer Wurzelraumhöhe von 100-150 cm sinnvoll. Ausgenommen sind Kleinstbäume, die wenig Schatten spenden. Auch Windlasten können in exponierten Lagen zu Problemen führen. Es dauert relativ lange, bis ein Baum groß genug gewachsen ist, um all seine positiven Leistungen wie Beschattung und Transpiration zu erbringen. Daher sollten zur Überbrückung andere Maßnahmen vorgesehen werden. Ein **festes, undurchsichtiges Dach** stellt keine wirkliche Alternative zu einem PV-Dachgarten mit Glasdach dar, da hierdurch jegliche Sonnenstrahlung von oben abgefangen wird. Infolgedessen wird die Pflanzenauswahl stark eingeschränkt. Eine Kombination aus einem festen, undurchsichtigen Dach (welches natürlich ebenso mit einer PV-Anlage ausgestattet werden kann) und einem PV-Glasdach kann bei ausreichendem Platz sinnvoll sein.



9. Beispiele für PV-Dachgärten und innovative PV-Anwendungen in Wien

© WH International Services/ Regina Hügli, o. J.

Folgend werden unterschiedliche Beispiele für innovative PV-Anlagen in der Stadt Wien gezeigt, die eine Mehrfachnutzung von Flächen ermöglichen und fördern.

9.1 BOKU IBLB

Der PV-Dachgarten des Instituts für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau wurde im Zuge des Forschungsprojekts „PV-DACHGARTEN“ (2013-2015) errichtet. Die Struktur wurde mit zwei unterschiedlichen, semi-transparenten Modultypen ausgestattet. Unter folgendem Link kann ein umfangreiches Planungshandbuch abgerufen werden: boku.ac.at/fileadmin/data/H03000/H87000/H87400/VT/PV-Dachgarten_Planungshandbuch.pdf

9.2 BOKU TÛWI

Auch ein weiteres Gebäude der BOKU, das TÛWI, verfügt über einen PV-Dachgarten, der den Studierenden und Lehrenden als Aufenthaltsraum dient.

Näheres siehe: big.at/projekte/tuewi-boku-wien
wien.gv.at/video/3278/Vorteile-von-Sonnenstrom-Dachgaerten

9.3 Zelda Kaplan Weg 5

Ein weiterer PV-Dachgarten findet sich im Quartier Biotope City nahe dem Wienerberg im 10. Wiener Gemeindebezirk. Der Bauträger Wien Süd hat hier eine Dachlandschaft mit Hochbeeten, Staudenpflanzungen und einem Pool für die Hausbewohner*innen errichtet. Die Biotope-City wurde aufgrund der klimaresilienten Planung und vielfältigen Begrünung als erstes Quartier weltweit mit dem GREENPASS® Platin-Zertifikat für klimafitte und nachhaltige Stadtentwicklung ausgezeichnet.

Näheres siehe: iba-wien.at/projekte/projekt-detail/project/zelda-kaplan-weg-5

9.4 Haus des Meeres

Am Dach des "Haus des Meeres" im 06. Wiener Gemeindebezirk befindet sich eine große PV-Anlage in Überkopfbauweise mit Doppelglasmodulen. Die Anlage ist nicht öffentlich zugänglich, unter dem Dach befinden sich unterschiedliche technische Aufbauten.

Näheres siehe: positionen.wienenergie.at/projekte/strom/sonnenstrom-fuer-haus-des-meeres/

9.5 Spittelau, Vorplatz U6

Der Vorplatz der U6-Station Spittelau wurde mit punktuellen, semitransparenten PV-Überdachungen und Hügelbeeten sowie Sitzelementen ausgestattet.

Näheres siehe: meinbezirk.at/alsergrund/c-lokales/der-spittelauer-vorplatz-ist-cool-geworden_a4644764

9.6 Giraffenhaus Zoo Schönbrunn

Das Giraffenhaus im Schönbrunner Zoo im 13. Wiener Gemeindebezirk verfügt über ein gebogenes, semitransparentes 237 m² großes PV-Dach. Damit wird der gesamte Stromverbrauch der Anlage - von der Beleuchtung der Tierbereiche bis zu den Lüftungsanlagen - durch die PV-Anlage produziert. Ein innovatives Heizkonzept ergänzt die PV-Anlage. Das Gebäude wurde bereits in der Bauphase mit dem Wiener Umweltpreis ausgezeichnet.

Näheres siehe: zoovienna.at/anlagen/giraffenpark/ und zoovienna.at/unterstuetzen/das-wird-die-neue-giraffenanlage/

9.7 IKEA Westbahnhof

Der weltweit erste Innenstadt-IKEA verfügt über eine intensiv bepflanzte, öffentlich zugängliche Terrasse. Neben vielen Großbäumen sorgen semitransparente PV-Module für angenehmen Schatten am Dach. Der IKEA Westbahnhof wurde von der „Zentralvereinigung der Architekten Österreichs“ mit dem Bauherrenpreis 2022 ausgezeichnet.

Näheres siehe: klampfer.at/unternehmen/lila-news/ikea-wien-westbahnhof



10. Weitere relevante Quellen und Leitfäden

© WH International Services/ Regina Hügli, o.J.

Dokumente und Leitfäden der Stadt Wien

- Hitzeaktionsplan der Stadt Wien: wien.gv.at/umwelt/cooleswien/
- Urban Heat Islands (UHI) - Strategieplan Wien: wien.gv.at/umwelt-schutz/raum/uhi-strategieplan.html
- Wiener Schatten: wien.gv.at/stadtentwicklung/architektur/oef-fentlicher-raum/wiener-schatten.html
- Wiener Sonnenstrom-Offensive: sonnenstrom.wien.gv.at/
- Step 2025: wien.gv.at/stadtentwicklung/strategien/step/step2025/
- Merkblatt Photovoltaikanlagen: wien.gv.at/wohnen/baupolizei/pdf/merkblatt-photovoltaikanlagen.pdf
- Raumbuch der Stadt Wien - das Raumbuch ist ein Regelwerk für die Ausstattung von Gebäuden der Stadt Wien. Es dient als Grundlage für Planungen und Ausschreibungen.: wien.gv.at/wirtschaft/auftraggeber-stadt/gebaeudemanagement/raumbuecher.html
- Raumbblätter für Schulen der Stadt Wien (ergänzend zum Raumbuch der Stadt Wien): wien.gv.at/wirtschaft/auftraggeber-stadt/gebaeudemanagement/raumbuch-schule.html
- Bauordnung der Stadt Wien: ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrW&Gesetzesnummer=20000006
- Solarleitfaden der Stadt Wien: wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/solar-leitfaden.html
- Fachkonzept Grün- und Freiraum - STEP 2025: wien.gv.at/stadtentwicklung/strategien/step/step2025/fachkonzepte/gruen-freiraum/
- Leitfaden Hitzemaßnahmenplan: wien.gv.at/gesundheit/sand-irrektion/leitfaden-hitzemassnahmen.html#:~:text=Der%20Leit-

faden%20bietet%20zus%C3%A4tzlich%20einen, die%20Hitzetoleranz%20besonderer%20Aufmerksamkeit%20bed%C3%BCrfen.

- Fassadenbegrünungsleitfaden: wien.gv.at/umweltschutz/raum/fassadenbegruenung.html

OIB-Richtlinien

- oib.or.at/de/oib-richtlinien

ÖNORMEN, wobei folgende Normen besonderes hervorzuheben sind

- ÖNORM L 1131: Gartengestaltung und Landschaftsbau - Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken - Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung
- ÖVE ÖNORM EN 62446: Mindestanforderung für Systemdokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und Prüfkriterien
- ÖVE ÖNORM E 8101, im Speziellen Teil 7-712 (Photovoltaische Anlagen): Errichtungsbestimmungen für elektrische Anlagen/Räume und Anlagen besonderer Art
- ÖVE ÖNORM EN 1991-1-3: Schneelast mit nationalem Anhang (ÖNORM B 1991-1-3)
- ÖVE ÖNORM EN 1991-1-4: Windlast mit nationalem Anhang (ÖNORM B 1991-1-4)
- ÖVE ÖNORM EN 62305: Blitzschutz: Schutz von baulichen Anlagen und Personen
- ÖVE Richtlinie R 11-1: PV-Anlagen: zusätzliche Sicherheitsanforderungen Teil 1: Anforderungen zum Schutz von Einsatzkräften
- ÖVE Richtlinie R11-3: Blendung durch Photovoltaikanlagen

FLL-Richtlinien (Forsch Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.)

- Dachbegrünungsrichtlinien – Richtlinien für die Planung, Bau und Instandhaltungen von Dachbegrünungen 2018
- Empfehlungen für Planung, Bau und Instandhaltung von Bauwerken und Bauteilen aus Hölzern, Holz- und Verbundwerkstoffen im Garten- und Landschaftsbau, 2019
- Fassadenbegrünungsrichtlinien - Richtlinien für die Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen, 2018

Quellen

Quellenverzeichnis

1. Urbanisierungsgrad in den Mitgliedstaaten im Jahr 2021: **de.statista.com/statistik/daten/studie/249029/umfrage/urbanisierung-in-den-eu-laendern/**
2. Ein Blick in die Zukunft der Wiener Bevölkerung: **wien1x1.at/bev-entwicklung-3/**
3. Wie kann das Energiesystem der Zukunft aussehen?: **bmwk.de/Redaktion/DE/Schlaglichter-der-Wirtschaftspolitik/2021/03/kapitel-1-7-wie-kann-das-energiesystem-der-zukunft-aussehen.html**
4. Einfach-Mehrfach: **wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/b008530.html**
5. STEP 2025, Stadt Wien: **digital.wienbibliothek.at/wbrup/download/pdf/4007775?originalFilename=true**
6. Praxishinweis Draußenunterricht: **sg.tum.de/fileadmin/tuspfsp/sportdidaktik/Forschung/Draussenschule/Praxishinweis_Draussenunterricht_TUM_PHH_SDW_3.0.pdf**
7. Wiener Sonnenstrom-Offensive: **sonnenstrom.wien.gv.at/ziele#ziel_1**
8. 5 Lohr et al (1996): Lohr, Virginia & Pearson-Mims, Caroline & Goodwin, Georgia. Interior Plants May Improve Worker Productivity and Reduce Stress in a Windowless Environment. Environ. Hort. 14.
9. Is gardening associated with greater happiness of urban residents?: **sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204619307297?via%3Dihub#s0015**
10. Vitamin D – Kritische Betrachtung der aktuellen medizinischen Evidenz für die therapeutische Anwendung in der Psychiatrie: **online.medunigraz.at/mug_online/wbAbs.getDocument?pThesisNr=55930&pAutorNr=&pOrgNr=1**
11. Barfod K. & Daugbjerg P. (2018): Potentials in Udeskole: Inquiry-Based Teaching Outside the Classroom. Frontiers in Education. 3. 10.3389/feduc.2018.00034.
12. GEBHARD, U. (2013): Kind und Natur – die Bedeutung der Natur für die psychologische Entwicklung. Wiesbaden: Springer VS
13. LÖWE, B. (1992): Biologieunterricht und Schülerinteresse an Biologie. Oo: Deutscher Studienverlag. In: RIESS, W.; WIRTZ, M.; BARZEL, B.; SCHULZ, A. (2012): Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Münster: Waxmann
14. NEUMANN, S. (2013): Pflanzeninteresse bei Schülern. **biphaps.uni-leipzig.de/fileadmin/user_upload/ag-biodidaktik/Downloads/Poster_FJS2013_Neumann.pdf**, (12.03.2016)
15. Handbuch Grünpflege: **pflanzenbauwerke.b-nk.at/wp-content/uploads/2019/01/Handbuch-Gr%C3%BCnpflege_v2.pdf**
16. **rewisa.at/REWISA.aspx**
17. Nachhaltiges Bauen: **nachhaltiges-bauen.de/baustoffe/Stahl**
18. Bauforum Stahl: **bauforumstahl.de/upload/documents/nachhaltigkeit/Sachstandsbericht.pdf**
19. DIN EN 350-2: **beuth.de/de/norm/din-en-350/249162590**
20. Nachhaltiges Bauen: **nachhaltiges-bauen.de/baustoffe/Bauholz**
21. IG-Metall: **igmetall.de/politik-und-gesellschaft/umwelt-und-energie/stromverbrauch-und-giftiger-rotschlamm-abfall**
22. Alu Info: **aluinfor.de/produktion-weltweit.html**
23. Raumbuch der Stadt Wien: **wien.gv.at/wirtschaft/auftraggeber-stadt/gebaeudemanagement/raumbuecher.html**

24. WKI Frauenhofer: [wki.fraunhofer.de/de/fachbereiche/hofzet/hybrid-bio-verbundwerkstoffe.html](https://www.wki.fraunhofer.de/de/fachbereiche/hofzet/hybrid-bio-verbundwerkstoffe.html)
25. OIB RL 1: oib.or.at/de/guidelines/oib-richtlinie-1-0
26. Merkblatt Photovoltaik, Stadt Wien: wien.gv.at/wohnen/baupolizei/pdf/merkblatt-photovoltaikanlagen.pdf
27. Landesrecht konsolidiert Wien: ris.bka.gv.at/eli/lgbt/WI/1930/11/P114/LWI40000195
28. Blitz- und Überspannungsschutz für Photovoltaikanlagen: obo.at/produkte/schutzinstallation/produkthighlights/blitz-und-ueberspannungsschutz-fuer-photovoltaik-anlagen/
29. klimaaktiv.at/service/tools/erneuerbare/pv_rechner.html
30. Carport – Flugdach - Pergola bewilligungsfrei gestalten: wien.gv.at/wohnen/baupolizei/pdf/carport.pdf

Abbildungsverzeichnis

- | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abb. 1: Skizze eines PV-Dachgarten-Moduls mit einem Maß von 3x3x3 Metern. Durch die Kombination mehrerer Module kann ein Klassenzimmer im Freien geschaffen werden. (GREEN4CITIES, 2022) | 11 |
| Abb. 2: PV-Dachgarten, bestehend aus acht Modulen, mit einer Fläche von 72 m ² (GREEN4CITIES, 2022) | 13 |
| Abb. 3: Mögliche Aufbauten in Abhängigkeit der Dachform (GREEN4CITIES, 2024) | 16 |
| Abb. 4: Modulares Konzept für Neubauschulen isometrische Darstellung (GREEN4CITIES, 2022) | 20 |
| Abb. 5: Modul 3x3x3 m groß, inkl. Sitz- und Tischelement sowie Pflanztrog und Kletterhilfe für Kletterpflanzen (GREEN4CITIES, 2022) | 20 |
| Abb. 6: Modul mit Klappbarem PV-Element und optionalem Pflanztrog (GREEN4CITIES, 2022) | 20 |
| Abb. 7: Beispiel für die Kombination von 8 Modulen, die einen PV-Dachgarten von 72 m ² bildet. (GREEN4CITIES, 2022) | 21 |
| Abb. 8: Beispiel für die Kombination von 6 Modulen, die einen PV-Dachgarten von 54 m ² bildet (GREEN4CITIES, 2022) | 21 |
| Abb. 9: Kombination eines PV-Dachgartens mit klassischen Dachbegrünung im Bestand (GREEN4CITIES, 2022) | 22 |
| Abb. 10: PV-Dachgarten für die Bestandssanierung von wenig tragfähigen Dächern (GREEN4CITIES, 2022) | 23 |
| Abb. 11: PV-Dachgarten für die Bestandssanierung von wenig tragfähigen Dächern (GREEN4CITIES, 2022) | 23 |
| Abb. 12: PV-Dachgarten mit Intensivbegrünung nach ÖNORM L 1131 (GREEN4CITIES, 2022) | 24 |
| Abb. 13: PV-Dachgarten mit Intensivbegrünung nach ÖNORM L 1131 (GREEN4CITIES, 2022) | 24 |
| Abb. 14: Beispiel für die Überbauung eines Schrägdachs (GREEN4CITIES, 2022) | 32 |
| Abb. 15: PV-Pergola BOKU, IBLB: Zwei Modultypen mit unterschiedlichen Lichtdurchlässigkeiten kommen hier zum Einsatz (Weidmann-Krieger, 2022) | 34 |
| Abb. 16: PV-Gründach mit aufgeständerten PV-Modulen und extensiver Vegetation (Zinco, o.J.) | 35 |
| Abb. 17: Beispiel für eine senkrechte Montage von PV-Modulen (GREEN4CITIES, 2023) | 35 |
| Abb. 18: Röhrenförmiges PV-Modul, (TubeSolar AG, o.J.) | 36 |
| Abb. 19: Flexibles Folienmodul (DAS-Energy, o.J.) | 37 |
| Abb. 20: Organische Solarzelle (Fraunhofer-Institut für Solare | |

Energiesysteme, o.J.)	38
Abb. 21: Wechselrichter im PV-Dachgarten BOKU-IBLB (Markus Weidmann-Krieger, 2022)	39
Abb. 22: Vertikale Beschattung mit Kletterpflanzen und PV-Dach (GREEN4CITIES, 2022)	40
Abb. 23 & 24: Schlingende Pflanze, Rankende Pflanze (GREEN4CITIES, 2024)	42
Abb. 25 & 26: Spreizklimmer, Selbstklimmer (GREEN4CITIES, 2024)	42
Abb. 27: möglicher Aufbau eines Pflanztrogs (GREEN4CITIES 2024)	44
Abb. 28: Geneigte PV-Flächen (GREEN4CITIES, 2022)	45
Abb. 29: Holzschäden durch stehendes Wasser (GREEN4CITIES 2024)	48
Abb. 30: Holzschäden durch eindringendes Wasser (GREEN4CITIES 2024)	48
Abb. 31: Holzschäden durch aufsteigendes Wasser, (GREEN4CITIES 2024)	48
Abb. 32: Auflastverankerung mit einem Betonfundament aus Ort- und Fertigbeton (GREEN4CITIES nach ZINCO, 2004)	52
Abb. 33: Beispiel für ein fest installiertes Möbel in einem PV-Dachgartenmodul (GREEN4CITIES, 2022)	54
Abb. 34: Schematische Darstellung einer Anstaubewässerung mit Speicher (GREEN4CITIES, 2024)	57

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich unterschiedlicher PV-Module (GREEN4CITIES, 2022)	38
Tabelle 2: Dauerhaftigkeit von Holz nach DIN-EN-350-2 (GREEN4CITIES, 2022)	47

