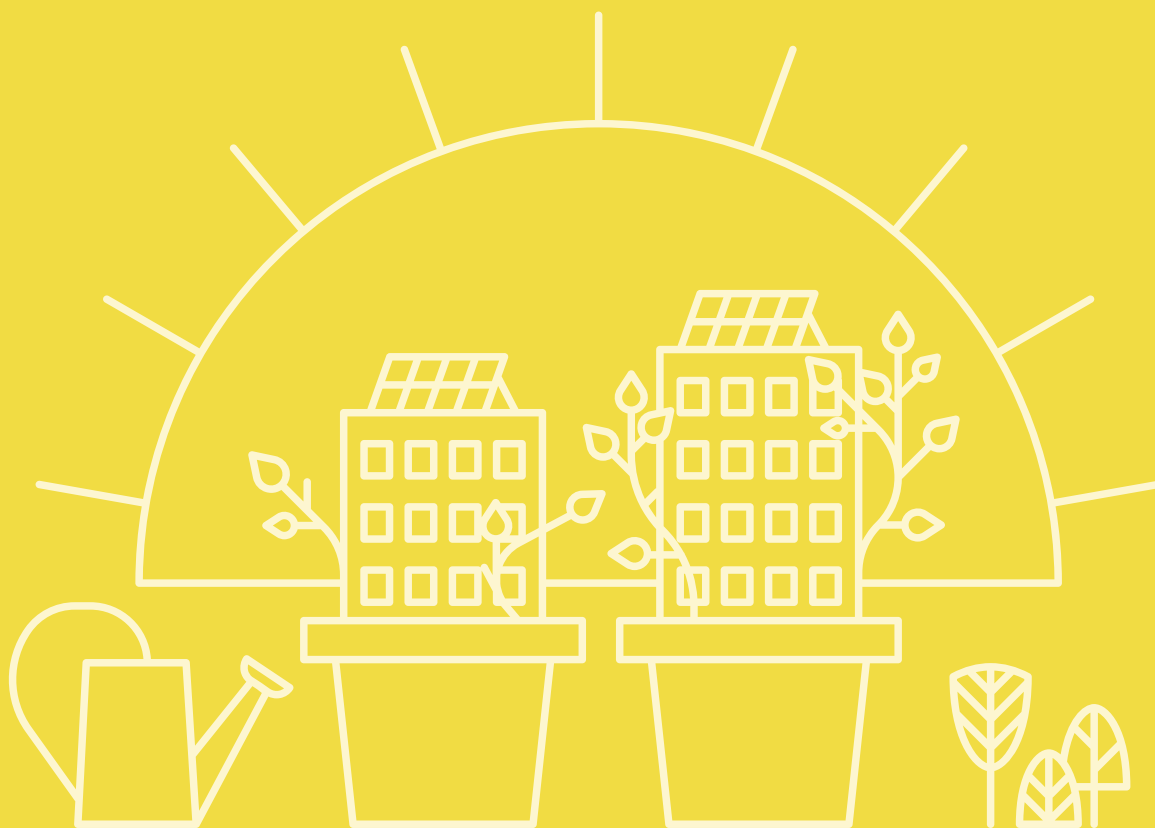


Solarleitfaden

Leitfaden für Solaranlagen in
Kombination mit Bauwerksbegrünung





Gebäudeintegrierte PV
Transparente PV
Gestaltungselement
Färbige PV

27



Verschattungselement
Kombination Begrünung & PV

68



Bi-faziale PV
Kombination Begrünung & PV

70



Transparente PV
Gebäudeintegrierte PV
Gestaltungselement

76



PV auf Mehrparteiengebäude

21



Intensives Gründach & PV

79



Indachlösungen

25



Gebäudeintegrierte PV
Transparente PV
Gestaltungselement

28



Gebäudeintegrierte PV
Transparente PV
Fassaden-PV

26



Verschattungselemente
Nachträglich aufgebracht
Transparente PV

24



Nachträglich installierte PV-Anlagen

24



Verschattungselement
Kombination Begrünung & PV

69



Gebäudeintegrierte Solarthermie

83

Solarleitfaden

Leitfaden für Solaranlagen in
Kombination mit Bauwerksbegrünung

Inhalt

	Vorwort	4
	Einleitung	6
1	Nutzung von Sonne und Gebäuden in der Stadt – Jetzt und in Zukunft	8
2	Technologien	12
	2.1 Photovoltaik	14
	2.2 Solarwärme	37
	2.3 Hybridkollektoren	42
	2.4 Bauwerksbegrünung, Teil der grünen Infrastruktur	43
	2.5 Zukunftsfähige Gebäude/Quartiere	59

3	Kombinationsmöglichkeiten und Synergien in der Gebäudenutzung	62
	3.1 Solartechnologie und Bauwerksbegrünung	64
	3.2 Kombinierte Bauweisen und Beispielprojekte	65
4	Referenzbeispiele	74
	4.1 Photovoltaik	76
	4.2 Solarwärme	83
5	Planerische Leitlinien	88
	5.1 Hinweise zur Kombination von Solartechnologie und Bauwerksbegrünung	91
	5.2 Einfluss von Gebäudetypologie, Nutzung und Eigentumsverhältnissen auf Bauwerksbegrünung	98
	5.3 Systembeispiel für die Kombination von Solartechnologie und Begrünung	99
	5.4 Brandschutz	100
	5.5 Planungshilfen und Tools aus den unterschiedlichen Fachbereichen	104
	5.6 Pflegehinweise für Solartechnik und Bauwerksbegrünung	107
	5.7 10 Schritte zur Umsetzung der Solarenergie und Bauwerksbegrünung	110
6	Förderungen	114
	6.1 Landesförderungen in Wien	116
	6.2 Bundesförderungen	119
	Abbildungsverzeichnis	126
	Impressum	128

Vorwort



Die Klimakrise ist die größte Herausforderung unserer Zeit. Längst sind die Folgen wie steigende Hitze auch in Wien spürbar. Die Wiener Stadtregierung hat sich daher in einem ambitionierten Regierungsprogramm das Ziel gesetzt, als erstes Bundesland bis 2040 klimaneutral zu sein. Bis 2040 wollen wir weniger Treibhausgase ausstoßen, als unsere Pflanzen binden können. Ein ganz wesentlicher Baustein auf unserem Weg zur Klimaneutralität ist die Energiewende. Wir haben uns vorgenommen, bis 2030 die Erzeugung erneuerbarer Energien in der Stadt gegenüber 2005 zu verdoppeln.

Um dieses Ziel zu erreichen, haben wir die größte Photovoltaik-Offensive der Geschichte gestartet. Bis zum Jahr 2025 wollen wir die Sonnenstromproduktion verfünffachen, bis zum Jahr 2030 werden rund 530.000 Wienerinnen und Wiener mit Sonnenstrom aus Wien versorgt. Gebäudedächer, -fassaden und sonstige bereits versiegelte Flächen sind besonders wertvoll für Photovoltaik-Anlagen. Dank der technischen Fortschritte in den letzten Jahren stellt sich die Frage, ob ein Dach zur Begrünung oder als Sonnenstromkraftwerk genutzt werden soll, nicht mehr. Dieser Solarleitfaden fasst die technischen Möglichkeiten und Potenziale für Kombinationen von Gebäudebegrünung und Solarnutzung zusammen und zeigt auf, dass beides gemeinsam umgesetzt werden kann.

Zur Erreichung unserer Ziele ist es wichtig, die nötigen Anreize zu schaffen. Deshalb gibt es seit 1. Juni 2021 eine Förderung für Private, die die Errichtung von Photovoltaik-Anlagen auf Gründächern erleichtert. Sowohl die Förderung als auch der Leitfaden richten sich an alle, die interessiert sind, PV-Gründach-Projekte umzusetzen und die Vorteile dieser Kombinationen zu nutzen.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre.

Jürgen Czernohorszky

Stadtrat für Klima, Umwelt, Demokratie und Personal

Einleitung

Klimaneutralität bedeutet den kompletten Umstieg von fossiler auf erneuerbare Energien. Dabei wird Energie aus Sonne in den nächsten 50 Jahren zu einem der wichtigsten Energieträger weltweit werden. Speziell in Städten wird die Solarenergie neben der Erdwärme eine besonders wichtige Rolle in der Energiewende einnehmen. Für eine Stadt wie Wien bedeutet das in erster Linie, dass in Zukunft Dächer und Fassaden von Gebäuden bzw. überdachte Freibereiche für die Solarenergieproduktion genutzt werden. Die PV-Offensive der Stadt wird hier einen wichtigen Beitrag für die Energiezukunft leisten. Zusätzlich ist die Gewinnung von Solarwärme auf Bauwerken seit vielen Jahren eine wichtige Anwendung im Sinne des Klimaschutzziels der Stadt.



Da Wien überdurchschnittlich von der Erwärmung der Erdatmosphäre betroffen ist, gibt es auch ambitionierte Ziele im Bereich der Begrünung der Stadt. Neben Begrünungsmaßnahmen im öffentlichen Raum sind auch solche auf Dächern und Fassaden vorgesehen. Begrünung kann gerade im Sommer das Mikroklima verbessern, Schatten spenden und die Biodiversität in der Stadt erhöhen. Die Wienerinnen und Wiener profitieren dabei von einer gesteigerten Aufenthaltsqualität im Freien.

Wiens Ambitionen zur Klimawandelanpassung und zum Klimaschutz treffen somit auch auf unseren Dächern und Fassaden aufeinander. Der neue Solarleitfaden versucht, genau hier anzusetzen und Ideen bzw. Lösungen zu zeigen, damit Klimaschutz und Klimawandelanpassung nicht in Konkurrenz zueinanderstehen.

In den letzten Jahren gab es viele Innovationen und Entwicklungen auf dem Gebiet der Solartechnik und der Gebäudebegrünung. Daher hat der Leitfaden zwei gezielte Schwerpunkte – die gebäudeintegrierte Photovoltaik und die Kombination von Begrünung und Photovoltaik.

Der neue Solarleitfaden steht daher ganz bewusst am Beginn der Wiener PV-Offensive. Er soll als Handbuch dienen, damit die Ausbauziele mit intelligenten Konzepten erreicht werden und dabei sämtliche Bedürfnisse der Stadt bestmöglich kombiniert werden können.

Die Stadt nimmt dabei eine Vorbildrolle ein und wird in den kommenden Monaten und Jahren auf den stadteigenen Gebäuden möglichst viele Photovoltaik-Anlagen realisieren. Aber auch private Hauseigentümerinnen und -eigentümer können einen Beitrag zu mehr erneuerbaren Energien und einer Absicherung der hohen Lebensqualität in Wien beitragen. Effiziente Flächennutzung und das Ausschöpfen des städtischen Potenzials sind dabei wesentlich.

Als Verantwortliche für die Wiener PV-Offensive ist es unsere Aufgabe, Lösungen für alle nutzbaren Flächen zu schaffen, Schritte hin zu einfacheren Verfahren zu unternehmen und Wien zur Musterstadt für einen städtetauglichen PV-Ausbau zu machen.

Programmverantwortliche Wiener PV-Offensive

Bernhard Jarolim
Wiener Stadtbaudirektor

Bernd Vogl
Leiter Energieplanung Wien

1

**Nutzung von
Sonne und
Gebäuden in der
Stadt – Jetzt
und in Zukunft**



In den vergangenen Jahrzehnten haben sich die Nutzungsansprüche in städtischen Gebäudelandchaften stark verändert. Gleichzeitig werden ungünstige stadtklimatologische Verhältnisse im Neubau und im Bestand durch fortschreitende Flächenversiegelung, den urbanen Hitzeinseleffekt und verminderte Verdunstung von Wasser auf begrünten Flächen, zu denen Parks, Dächer und Fassaden zählen, verstärkt (Pfoser et al., S. 11, 2013). Prognosen für Wien sprechen von einer Verdoppelung der Hitzetage für die nächsten 100 Jahre und einer damit einhergehenden Verdreifachung des Energieverbrauchs für Kühlung in den kommenden 50 Jahren. Neben der Nutzung durch Grünflächen besteht der Anspruch, vorhandene und neue Flächen für die Energieerzeugung zu nutzen. Fassaden und Dächer können mittels Photovoltaik Strom und mittels Solarwärme Wärme erzeugen. In diesem Zusammenhang gelten Raum und Oberflächen als eine beschränkte Ressource. Umso wichtiger ist es daher, die unterschiedlichen Bedürfnisse aufeinander abzustimmen und eine Mehrfachnutzung zu ermöglichen.

Stadtraum

Mikroklima, Schallschutz, CO₂-Speicherpotenziale, Gestaltung, Wirkung, Wohlbefinden, Luftreinigung, Feinstaubbindung

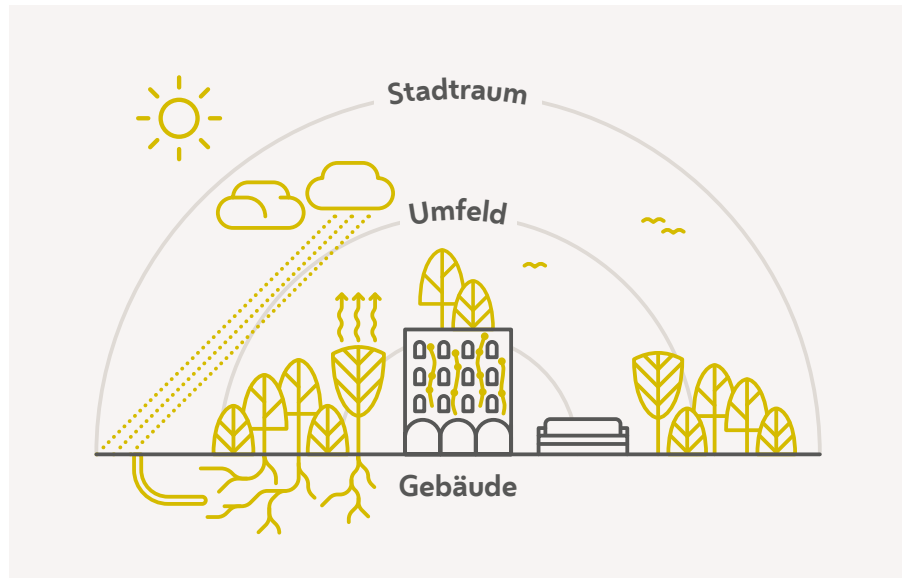
Umfeld

Regenwasserversickerung, Wasserrückhalt, Verdunstung, Ökologischer Mehrwert, Biodiversität

Gebäude

Kühlung, Schallschutz/Dämmung, Optimierung von Wirkungsgraden aktiver Systeme, CO₂-Potenziale, Gestaltung, Schutz der Fassade vor Witterungseinflüssen, Monetäre Wirkung

Abbildung 1: Wirkpotenziale der Gebäudebegrünung auf den Stadtraum, das Grundstück und das Gebäude



Zur Bewältigung zukünftiger klimatischer und energetischer Herausforderungen im urbanen Raum werden Anwendungen benötigt, die Synergien zwischen den Solar- und Photovoltaik-Technologien und der „Grünen Stadt“ mit naturbasierten Lösungen bieten können.

Der vorliegende Leitfaden zeigt unter dem Motto „Nutzung von Sonne und Gebäuden in der Stadt – Jetzt und in Zukunft“ die verschiedenen Technologien zur Nutzung der Solarenergie mit Blick in die Zukunft. Es wird im Detail beschrieben, wie die Technologien zur Wärme- bzw. Stromproduktion in Kombination mit Bauwerksbegrünung eingesetzt werden können und welche Synergien sich daraus ergeben, um damit als Planungshilfe zur optimalen Nutzung von Sonnenenergie beizutragen. Durch die Kombination von Technologie und Natur ergeben sich Möglichkeiten, die Sonnenenergie optimal zu nutzen, die Lebensqualität zu steigern und damit das Stadtklima zu verbessern.

Die Nutzung von Solartechnologien auf bereits bestehenden Dächern stellt ein großes Potenzial dar, das es auszuschöpfen gilt. In Wien bieten fast zwei Drittel der Dachflächen ein zumindest theoretisches Potenzial zur Integration von Solarenergie. Die potenziell begrünbaren Flächen betragen in Wien ca. 5.800 ha Dachflächen und 12.000 ha Fassaden netto.¹

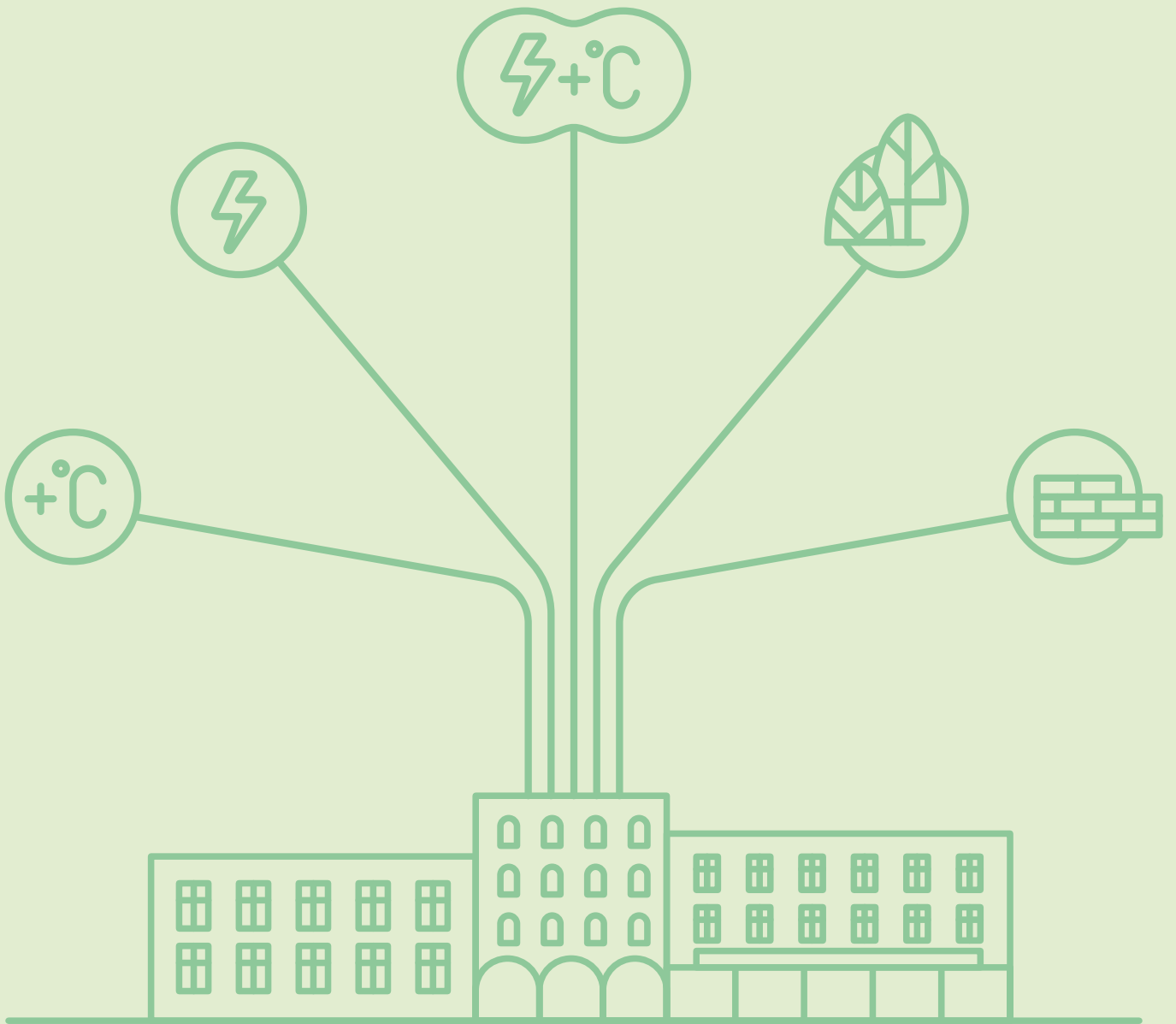
Dabei entwickeln sich die Technologien laufend weiter. So gibt es bei der Photovoltaik neben den Standard-Zellen mittlerweile auch farbige Zellen, die beispielsweise gestalterisch in die Fassade integriert werden und nicht mehr als Photovoltaik-Anlage zu erkennen sind. Die Sonnenstromtechnologie ist dadurch in der Stadt sehr vielseitig einsetzbar und dem Gestaltungsspielraum sind dabei kaum Grenzen gesetzt. Auch in der Solarwärme sind seit einigen Jahren farbige Gläser am Markt, die den Kollektoren an der Fassade ein neues Erscheinungsbild geben.

Dach- und Fassadenbegrünungen leisten im dicht bebauten Stadtgebiet einen wertvollen Beitrag in den Bereichen Mikroklima, Energie, Ökonomie, Ökologie, Regenwassermanagement und erhöhen die Gebäudelebensdauer. Dazu kommt es zur Aufwertung der Lebens- und Aufenthaltsqualität, und das menschliche Wohlbefinden wird gesteigert.

Mit Hilfe der Synergie von Bauwerksbegrünungen und Solartechnologien kann die Effizienz und der Ertrag der vorhandenen Fläche nochmals gesteigert werden. Eine Hintergrünung/Kühlung der PV-Fassade hat eine positive Auswirkung auf die Leistung von PV-Modulen. Die Kombination der Dachbegrünung mit Photovoltaik und Solarwärme schafft durch die partielle Verschattung des Gründachs neue artenreiche Lebensräume für Flora und Fauna.

2

Technologien



Im folgenden Kapitel werden die drei Technologien der Gebäudenutzung, Photovoltaik, Gebäudebegrünung und Solarwärme, in ihrer Funktion und ihrem Aufbau beschrieben. Weiters wird auf Gemeinschaftsanlagen und das Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz eingegangen.

2.1 Photovoltaik

Wie funktioniert eine Photovoltaik-Anlage?

Unter Photovoltaik wird die Umwandlung von Lichtenergie mittels Solarzellen in elektrische Energie verstanden. Die Anlage kann dabei direkt am Gebäude (auf der Dachfläche) angebracht oder in die Fassade integriert werden. Neben der Anbringung am/ auf dem Gebäude können Anlagen auch auf der freien Fläche installiert werden.

Eine Photovoltaik-Anlage besteht aus den Photovoltaik-Modulen, der entsprechenden Verkabelung, Sicherungseinrichtungen sowie einem Wechselrichter. Ein Stromspeicher kann zusätzlich eingebaut werden, um den Eigennutzen zu erhöhen.

Mit Hilfe von Photovoltaik-Modulen wird das eintreffende Sonnenlicht in elektrische Spannung umgewandelt. Dabei kann sowohl die direkte als auch die diffuse Sonneneinstrahlung genutzt werden. Die Module erzeugen in einem ersten Schritt Gleichstrom. Um den Sonnenstrom im Gebäude nutzen zu können, muss der Gleichstrom über einen Wechselrichter in Wechselstrom umgewandelt werden. Danach kann der Sonnenstrom direkt im Gebäude für den Betrieb von elektrischen Geräten, für Elektromobilität

- A PV-Module
- B Gleichstromseitiger Batteriespeicher
- C Wechselrichter
- D Wechselstromseitiger Batteriespeicher
- E Verbraucher
- F Stromzähler
- G Stromnetz

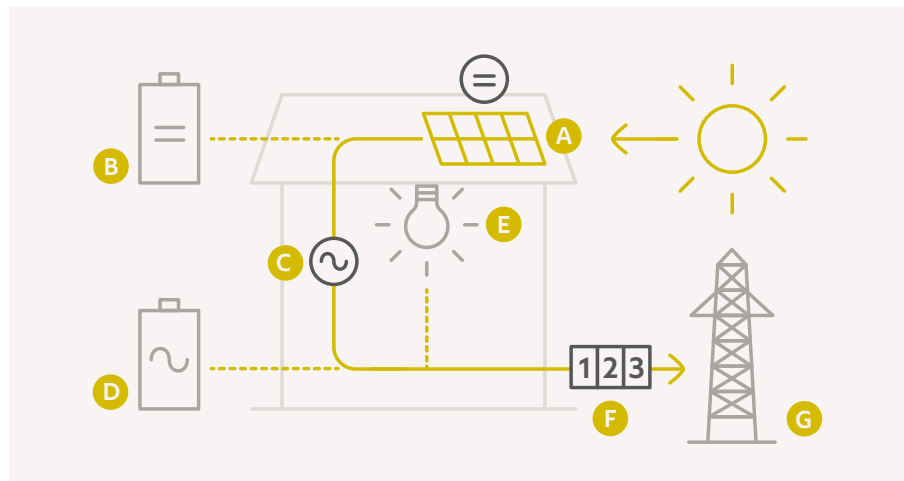


Abbildung 2: Schema einer netzgekoppelten Photovoltaik-Anlage

oder zur Wärmebereitstellung genutzt werden. Dabei ist das Ziel, möglichst viel des erzeugten Sonnenstroms auch selber zu nutzen und damit den Zukauf von Strom zu reduzieren. Wird mehr Photovoltaik-Strom erzeugt, als gerade benötigt wird, kann der überschüssige Strom in einem Stromspeicher zwischengespeichert oder in das Stromnetz eingespeist und damit an ein Energieversorgungsunternehmen verkauft werden.

Aufbau des Photovoltaik-Moduls

SOLARZELLEN

Die kleinste Einheit eines Photovoltaik-Moduls ist die Solarzelle, die das Sonnenlicht in elektrische Energie wandelt. Mehrere Solarzellen werden miteinander verschalten und bilden so das Photovoltaik-Modul. Am häufigsten kommen kristalline, meist mono- oder polykristalline Siliziumzellen zum Einsatz.

POLYKRISTALLINE SILIZIUM-SOLARZELLEN

Dieser Solarzellentyp wird am häufigsten verbaut. Charakteristisch ist die Kristallstruktur, die ein eisblumenartiges Erscheinungsbild erzeugt. Grund für dieses Erscheinungsbild ist, dass jede dieser eisblumenartigen Strukturen ein eigener Siliziumkristall ist. Bei der Herstellung entstehen diese Kristalle eigenständig. Im Vergleich zu monokristallinen Zellen entfällt dadurch ein Prozessschritt. Die polykristallinen Zellen sind deswegen zwar etwas günstiger als die monokristallinen, weisen dabei aber auch einen etwas geringeren Wirkungsgrad auf. Aufgrund der geringeren Kosten werden polykristalline Zellen häufig für Photovoltaik-Anlagen auf großer Fläche eingesetzt.

MONOKRISTALLINE SILIZIUM-SOLARZELLEN

Monokristalline Solarzellen werden im Vergleich zu polykristallinen Solarzellen aus einem einzelnen Siliziumkristall gezogen und haben dadurch einen höheren Wirkungsgrad. Sie gelten als sehr effiziente Solarzellen bei direkter Sonneneinstrahlung und benötigen für denselben Ertrag weniger Fläche als polykristalline Solarzellen. Sehr gut eignen sich Photovoltaik-Module mit monokristallinen Zellen, wenn nur eine geringe (Dach-)Fläche zur Verfügung steht, auf der eine sehr hohe Leistung erzielt werden soll. Das äußere Erscheinungsbild monokristalliner Zellen ist homogen, die Farbigkeit dunkelblau bis schwarz.

DÜNNSCHICHT-SOLARZELLEN

Bei Dünnschicht-Zellen gibt es verschiedene Aufbauten und Materialkompositionen. Gemeinsam haben diese Zellen jedoch ihr Herstellungsverfahren und ihre Schichtdicken (im μm -Bereich), die durch das Aufdampfen des Materials hergestellt werden. Um ein breites Spektrum an eingestrahelter Energie nutzen zu können, werden verschiedene Materialien miteinander kombiniert. Der größte Vorteil der Dünnschicht-Module ist ihre Flexibilität und ihr geringes Gewicht. Dünnschicht-Module haben in der

Regel allerdings einen geringeren Wirkungsgrad als andere Solarzellen und benötigen deshalb mehr Fläche für denselben Ertrag. Typische Oberflächenfarben sind Farbtöne von Orange-Braun bis Schwarz. In der Gestaltung der Anlage bietet dieser Typus einen wesentlich größeren Spielraum als kristalline Zellen.

SPEZIELLE SOLARZELLEN

Abseits von den Standard-Zellen gibt es auch Sonderanfertigungen, wie beispielsweise farbige Solarzellen (siehe Abbildung 4), bedruckte oder gelochte Zellen (um Sonnenlicht durch die PV-Zelle zu lassen). Veränderungen der Zelle nehmen dabei aber auch Einfluss auf den Ertrag. So ist beim Einsatz von farbigem Glas mit einer Reduktion des Energiegewinns von 10 % bis 20 % zu rechnen.



Abbildung 3: Gelochte Solarzelle ermöglicht, dass der Bereich unter der PV-Anlage nicht verschattet wird



Abbildung 4: Photovoltaik-Module sind in nahezu jeder Farbe verfügbar

Arten von Photovoltaik-Modulen

Die Leistung einer Photovoltaik-Anlage wird in Kilowattpeak (kWp) angegeben. „Watt peak“ ist laut Definition die Leistung, die ein Modul unter standardisierten Testbedingungen erbringt. Heutzutage besteht ein Standard-Photovoltaik-Modul aus 60 Solarzellen, erreicht damit eine Leistung von bis zu 370 Watt, ist 1,7 m² groß und wiegt in etwa 18 kg. Es werden auch Photovoltaik-Module mit 72 Zellen angeboten, die leistungsstärksten haben knapp über 400 Watt Leistung, sind 2 m² groß und wiegen in etwa 25 kg.

Ein neuer Trend in der Modulherstellung sind Halbzellen-Module. Hier werden die Solarzellen halbiert. Durch die kleineren Zellgrößen verringert sich der Innenwiderstand des Moduls und es gewinnt an Effizienz. Mittlerweile gibt es auch Sonderfertigung-

gen, bei denen das Glas des Moduls farbig bedruckt wird und so bspw. Fassaden mit farbigen Photovoltaik-Modulen ausgestattet werden. Damit erkennt man oftmals nicht mehr, dass es sich um eine PV-Anlage handelt.

STANDARD-PHOTOVOLTAIK-MODULE

Im Innersten eines Photovoltaik-Moduls befinden sich die Solarzellen, die miteinander verbunden sind. Um die Solarzellen vor Witterungseinflüssen sowie mechanischen Einwirkungen und Feuchtigkeit zu schützen, besteht das Modul aus mehreren Schichten. Standard-Module haben dafür als äußerste Hülle eine Glasschicht. Die Solarzellen werden über Lotbänder miteinander verbunden. Standard-Module haben auf der Rückseite eine Kunststofffolie und einen Aluminiumrahmen.



Abbildung 5: Glas-Glas-Modul



Abbildung 6: Flexible PV-Module können durch ihre biegsamen Eigenschaften und das geringe Gewicht vielfältig eingesetzt werden

GLAS-GLAS-MODULE

Photovoltaik-Module, die sowohl auf der Vorder- als auch auf der Rückseite als oberste Schicht eine Glasscheibe haben, werden Glas-Glas-Module genannt. Die beidseitige Glasschicht bietet erhöhten Schutz und weist damit auch höhere Robustheit auf. Des Weiteren gelten Glas-Glas-Module als besonders langlebig. Hinzu kommt, dass die Module so angefertigt werden, dass Sonnenlicht durch das Modul durchscheinen kann und den Bereich darunter beleuchtet. Nachteile der Glas-Glas-Module sind der etwas geringere Wirkungsgrad, die etwas höheren Anschaffungskosten sowie eine aufwändigere Montage. Manche Hersteller bieten Sonderformate an, bei denen der Abstand zwischen den PV-Zellen kleiner bzw. größer gewählt werden kann. Damit kann, bspw. bei der Überdachung des Wintergartens, die Beschattung frei gewählt werden.

FLEXIBLE PHOTOVOLTAIK-MODULE

Durch den besonderen Aufbau der flexiblen Photovoltaik-Module lassen sich diese biegen und ermöglichen damit eine Vielzahl, auch an mobilen, Einsatzmöglichkeiten, bspw. auf gewölbten Dächern (von Wohnmobilen, Booten) sowie als rollbare Beschattungselemente. Dabei sind die Module besonders leicht und dennoch leistungsstark. Damit eignen sich flexible Module vor allem auch für Gebäudedächer, die nur noch wenig zusätzliche Belastung erlauben.

BI-FAZIALE PHOTOVOLTAIK-MODULE

Bi-faziale Module können sowohl die direkte Sonneneinstrahlung auf der Vorderseite als auch (indirektes) Licht auf der Rückseite des Moduls zur Stromerzeugung nutzen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Modulen, die auf der Rückseite lichtundurchlässig sind, haben bi-faziale Module eine transparente Rückseite. Die Solarzelle ist ebenfalls so gestaltet, dass diese das Licht von beiden Seiten verarbeiten kann. Dadurch kann sowohl das auf die Vorderseite als auch das auf die Rückseite einfallende Licht genutzt und der Energieertrag gegenüber einem Standard- bzw. Unifazial-Modul gesteigert werden. Je nach Reflexion des Untergrunds kann ein Mehrertrag von bis zu 30 % erreicht werden.

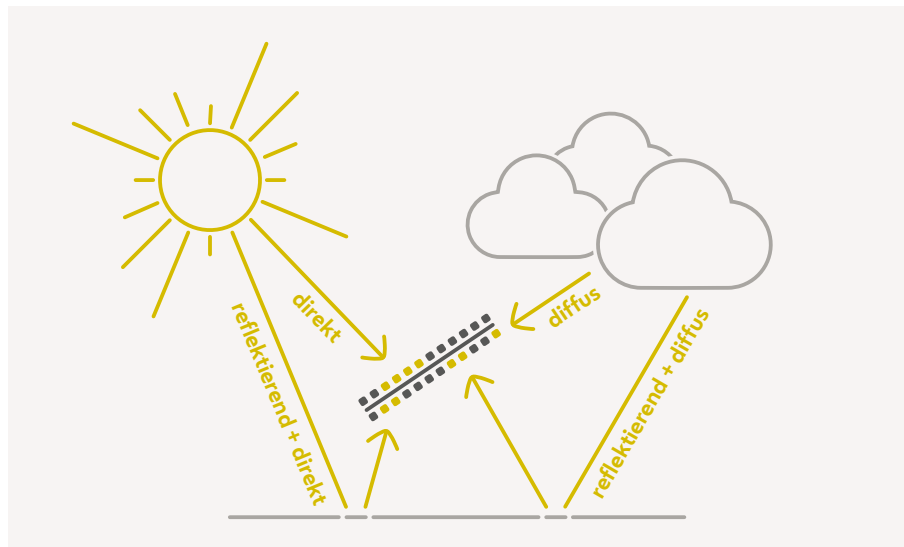


Abbildung 7: Schema eines bi-fazialen Photovoltaik-Moduls

Bi-faziale Module eignen sich daher besonders bei reflektierendem Untergrund, Carports, Lärmschutzwänden und in vertikaler Anbringung zum Beispiel als Zaun, wodurch sie sowohl für eine öffentliche als auch für eine private Nutzung geeignet sind.

Die vertikale Anbringung bringt den Vorteil mit sich, dass die Produktion des Sonnenstroms vor allem am Vor- und am Nachmittag hoch ist. Somit kann die Stromerzeugung und -nutzung über den Tag noch besser verteilt werden.

PLUG-IN-MODULE

Plug-in-Module sind Module, die mit einer unkomplizierten Montage oder ohne Anschlussgesuche beim Netzbetreiber von jedem Haushalt genutzt werden können. Die maximal nutzbare Grenze liegt dabei bei 800 Watt (TOR Erzeuger Typ A Version 1.1). Weitere Informationen unter www.pvaustria.at/normen



Abbildung 8: Ein Plug-in-Modul an einem Wohnhaus in Wien

WECHSELRICHTER

Um den produzierten Gleichstrom der PV-Module in haushaltsüblichen Wechselstrom zu transformieren, wird ein Wechselrichter benötigt. Ab einer Leistung von 3,68 kVA ist eine dreiphasige Einspeisung gefordert, um erhöhte Schiefasten zu vermeiden. Diese und weitere Vorschriften können in der TOR Erzeuger (Technische Organisatorische Regeln) nachgelesen werden. In den meisten Fällen wird der Wechselrichter auch leicht überdimensioniert, da die besten Wirkungsgrade im obersten Leistungsbereich erzielt werden. Der Wechselrichter dient als Schnittstelle zwischen der Photovoltaik-Anlage und dem öffentlichen Netz und gewährleistet deren optimale Funktionsweise. Wichtige Größen bei Wechselrichtern sind ihr Wirkungsgrad, Lebensdauer, Funktionsumfang und die Installationsfreundlichkeit.

LEISTUNGSOPTIMIERER

Trotz optimaler Planungen kann die Verschattung einzelner Photovoltaik-Module nicht immer verhindert werden. Durch Schatten bzw. Verschmutzungen kommt es zu einer Leistungsreduktion des einzelnen Moduls mit Auswirkung auf die Performance der anderen Module. Leistungsoptimierer, direkt am Modul angebracht, optimieren und überwachen jedes einzelne Modul. Dadurch wird verhindert, dass ein verschattetes Modul die Leistung anderer Module beeinflusst. Viele Modul-Hersteller integrieren bereits bei der Fertigung Leistungsoptimierer. Über ein Online-Tool können die einzelnen Photovoltaik-Module überwacht und etwaige Mindererträge rechtzeitig aufgespürt werden.

STROMSPEICHER

Über einen Stromspeicher, der den produzierten Sonnenstrom zwischenspeichert, kann noch mehr Sonnenstrom am Ort der Produktion genutzt und damit der Eigenverbrauch nochmals deutlich gesteigert werden. Durch die Eigenverbrauchssteigerung wird die Batteriebesitzerin bzw. der Batteriebesitzer unabhängiger vom Energieversorgungsunternehmen und wird somit auch von Preissteigerungen weniger stark beeinflusst.

Stromspeicher auf Basis von Lithium-Ionen sind mittlerweile State of the Art. Sie erreichen hohe Wirkungsgrade und Entladungstiefen bis zu 8.000 Vollzyklen und sind wartungsfrei. Zusätzlich sind sie klein und leicht. Neben Lithium-Stromspeichern gibt es auch Batterien auf Salzwasserbasis. Die Vorteile dieser Technologie sind die hohe Sicherheit und Umweltfreundlichkeit. Die Auswahl der richtigen Speichertechnologie sollte projektspezifisch auf Basis der Anforderungen passieren.

Die durchschnittliche Lebensdauer eines Batteriespeichers beträgt 20 Jahre. Da die Batterie nur geladen wird, wenn ein Überschuss an erzeugter Energie vorliegt, ergeben sich zwischen 100 und 200 Lade- und Entladezyklen im Jahr. Ein Batteriespeicher in Verbindung mit einer Photovoltaik-Anlage benötigt damit über seine Lebensdauer gerechnet rund 4.000 Zyklen.

Durch die Entwicklungen im Bereich der E-Mobilität wird erwartet, dass die Anschaffungskosten für Stromspeicher zukünftig noch sinken werden.

Installationsmöglichkeiten der Photovoltaik-Anlage

Es gibt im Wesentlichen drei Anbringungsmöglichkeiten für Photovoltaik-Module:

1. Direkte Anbringung der Photovoltaik-Module am Dach
2. Integration der Photovoltaik-Module in das Bauwerk, beispielsweise als Ersatz des Daches/der Fassade, als Verschattungselement, als Absturzsicherung etc.
3. In der Freifläche, mit Doppelnutzung, beispielsweise als Carport, Parkplatzüberdachung oder im landwirtschaftlichen Bereich

Photovoltaik-Dachanlage

Je nach Dachneigung werden die Photovoltaik-Module entweder parallel zur Dachfläche montiert oder aufgeständert. Bei einer Dachneigung von 20 bis 50 Grad werden die Photovoltaik-Module in der Regel parallel zur Dachfläche montiert. Bei Flachdächern bzw. nur leicht geneigten Dächern ist die Sonnenstromausbeute größer, wenn die Photovoltaik-Module in einem Winkel von 15 bis 35 Grad angebracht werden. Damit werden die Module bei Regen gesäubert und auch Schnee kann abrutschen. Bei Schrägdächern wird die Photovoltaik-Anlage fest mit der Dachkonstruktion verankert. Bei Photovoltaik-Anlagen am Dach und in der Fassade ist auf eine ausreichende Hinterlüftung und damit Kühlung zu achten. Der Abstand zwischen dem Photovoltaik-Modul und dem Dach sollte zwischen 10 und 15 cm sein. Durch eine Ost-West-Ausrichtung der PV-Anlage auf einem Flachdach kann vor allem vor- und nachmittags Strom erzeugt werden, wie Abbildung 12 zeigt.

Die folgenden Bilder zeigen die verschiedenen Anbringungsmöglichkeiten von Photovoltaik-Anlagen auf Gebäudedächern.



Abbildung 9: PV-Dachanlage auf einem Mehrparteien-Wohngebäude



Abbildung 10: PV-Dachanlage auf einem Einfamilienhaus inklusive Solarthermie-Anlage



Abbildung 11: PV-Dachanlage auf einem Mehrparteien-Wohngebäude, genutzt als PV-Gemeinschaftsanlage, Lavaterstraße Wien



Abbildung 12: PV-Anlage, die nach Ost-West ausgerichtet ist, auf einem (Parkhaus-)Dach



Abbildung 13: PV-Dachanlage auf dem Technologiezentrum 2 in der Seestadt Aspern



Abbildung 14: Flexible und leichte PV-Module liefern Strom für die U3-Station Ottakring



Abbildung 15: PV-Anlage am Haus des Meeres in Wien

Abbildung 16: PV-Überdachung (Ansicht von unten) am Haus des Meeres in Wien, mit bi-fazialen PV-Modulen, produziert Strom und sorgt für Schatten



Am Haus des Meeres dienen bi-faziale Module gleichzeitig als Sonnenkraftwerk und Schattenspendler für das Rooftop-Café, wie in Abbildung 15 und 16 ersichtlich ist. Durch den Einsatz spezieller Stahlkonstruktionen und halbtransparenter Spezial-Paneele wird den Besucherinnen und Besuchern weiterhin ein beeindruckender Blick auf die Stadt Wien ermöglicht.

Bauwerkintegrierte Photovoltaik-Anlage

Aufgrund der großen Flächenpotenziale am Gebäude bietet sich auch die Integration des Photovoltaik-Moduls direkt in die Fassade des Gebäudes an. Die bauwerkintegrierte Photovoltaik (BIPV) ist damit Bestandteil des Gebäudes und übernimmt damit auch eine Gebäudefunktion. BIPV kann als direkter Fassadenersatz, als Verschattungssystem oder als Überdachung mittels spezialgefertigter Glas-Glas-Module eingesetzt werden. Dabei ersetzen die Module das Dach/die Fassade und übernehmen auch deren Funktionen. Diese Variante kann ästhetischer sein, es wird keine Aufständering benötigt, und man spart sich einen Teil der herkömmlichen Dachabdeckung/Fassade. Da die Module die zusätzlichen Funktionen des Daches (Feuchte- und Lärmschutz, Wärmeisolierung) übernehmen müssen, sind diese oft teurer als herkömmliche Module und die Installation ist ebenfalls komplexer.

Fassadenintegrierte Module, die senkrecht zum Boden stehen, müssen mit Ertragseinbußen von 30 %, gegenüber optimal ausgerichteten Anlagen, rechnen.

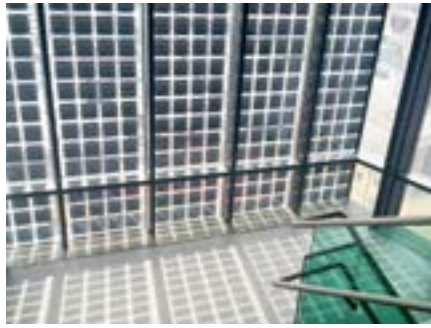
Die folgenden Bilder zeigen verschiedene Anwendungsmöglichkeiten der BIPV, die viel Gestaltungsspielraum bieten.



Abbildung 17: Dachintegrierte Photovoltaik-Anlage übernimmt die Funktion des Daches

Bei der PV-Anlage am Bürohochhaus der TU Wien handelt es sich um eine der größten gebäudeintegrierten PV-Anlagen Österreichs. Die Module sind an der Fassade, am Dach, im Stiegenhaus als Beschattung und als Terrassenbeschattung angebracht. Der produzierte Strom wird direkt im Gebäude verwendet, der überschüssige Strom wird zur Gänze am Areal Getreidemarkt durch die Nachbargebäude der TU Wien verbraucht.

Abbildung 18 + 19: Glas-Glas-Module
bauerkintegriert in die Fassade der
TU Wien



Das Wohnhaus Solaris in Zürich (siehe Abbildung 20), hat eine Vorbildwirkung für (sensible) städtebauliche Projekte. Hier erfolgt die Integration der Photovoltaik als modernes Bauprodukt in homogen wirkende Gebäudehüllen von Wohnungsbauten. Kreative (nicht sichtbare) PV-Lösungen durch Frontglas mit profiliertem Gussglas und rückseitigem Keramikdigitaldruck runden das Erscheinungsbild ab.

Weitere Beispiele aus der Schweiz und aus Deutschland (siehe Abbildung 21–24) zeigen, wie sich die PV-Module auf unterschiedliche Art in das Gebäude integrieren lassen.



Abbildung 20: Wohnhaus Solaris in
Zürich; Fassade aus PV-Modulen, die
Strom erzeugen



Abbildung 21: Energiehaus Luzern mit bedruckter Fassade, die Strom erzeugt



Abbildung 22: Mehrfamilienhaus mit Energiezukunft in Zürich. Ein Projekt der Stiftung Umwelt Arena Schweiz in Zusammenarbeit mit René Schmid Architekten AG

Die Gebäudehülle der Stiftung Pierre Arnaud in der französischen Schweiz erfüllt nahezu perfekt alle Anforderungen, die daran gerichtet wurden. Dies betrifft einerseits den Schutz der Kunstwerke vor schädlicher UV-Strahlung, andererseits die Stromproduktion durch Solarzellen bis hin zu LED-Projektionen, die sich wiederum in nächtlichen Lichtspielen im angrenzenden See widerspiegeln.



Abbildung 23: Nachtaufnahme der Stiftung Pierre Arnaud am Lac Louche in Lens in der Schweiz

Das Gemeindezentrum in Fraunberg (siehe Abbildung 24) ist ein gelungenes Beispiel für einen Photovoltaik-Carport im öffentlichen Raum. Zwischen den L-förmig angelegten Gebäudeteilen spannt sich ein überdachter Vorplatz auf, welcher als Versammlungsbereich genutzt werden kann.

**Abbildung 24: Überdachter Vorplatz
der Gemeinde Fraunberg (GER)**



Eines der ersten gewerblich genutzten Plusenergie-Gebäude Österreichs steht in der Seestadt Aspern in Wien. Die elektrische Energie am Standort wird mittels einer Photovoltaik-Anlage bereitgestellt. Photovoltaik-Module befinden sich sowohl in der Fassade des Gebäudes (siehe Abbildung 25) als auch am Dach und dienen als Vordach. Am Standort befinden sich zwei Gebäudekomplexe, die sich in die Technologiezentren 1 und 2 gliedern.

**Abbildung 25: PV-Module, integriert
in die Fassade des Technologiezent-
rums 2 in der Seestadt Aspern**



**Abbildung 26: PV-Module an der
Fassade des Technologiezentrums 1
in der Seestadt Aspern**



**Abbildung 27: PV-Module an der Fas-
sade des Technologiezentrums 1 in der
Seestadt Aspern dienen als Vordach**



Photovoltaik-Anlage auf der freien Fläche

Photovoltaik-Anlagen können auch abseits vom Gebäude betrieben werden, bspw. auf freien Flächen wie Parkplätzen, öffentlichen Plätzen, Wartehäusern und vielen mehr. Der Fantasie sind hier keine Grenzen gesetzt. Photovoltaik-Anlagen auf der freien Fläche sind wesentlich flexibler in der Ausrichtung, da nicht auf die Ausrichtung des Gebäudes zu achten ist. Damit bieten Photovoltaik-Anlagen auch zahlreiche Mehrfachnutzen, wie Schattenbildung oder Kühlung in Kombination mit Stromproduktion.

Photovoltaik kann in Überdachungselemente von Verkehrsflächen, Parkraum, Fahrwegen, Carports und Radabstellplätzen, wie Abbildung 28 zeigt, integriert werden. Carports mit integrierten PV-Modulen spenden gleichzeitig Schatten und produzieren Strom.



Abbildung 28: Überdachung eines Radabstellplatzes mit Glas-Glas-Modulen

Besonders durch den Photovoltaik-Einsatz in der Landwirtschaft ergeben sich vielfältige Synergien.



Abbildung 29: Photovoltaik-Anlage in Doppelnutzung mit Landwirtschaft, Agrar-PV Schafflerhofstraße



Abbildung 30: Photovoltaik-Anlage in Doppelnutzung mit Bienenwirtschaft

Mittlerweile gibt es viele unterschiedliche Anbringungsmöglichkeiten der Module, bspw. vertikal oder auf mehreren Metern Höhe angebracht, sodass die Fläche wie gewohnt bewirtschaftet werden kann. Die PV-Module können dabei fix montiert oder der Sonne nachgeführt installiert werden.

Durch die Anordnung in Bahnen, wie in Abbildung 31, kann die landwirtschaftliche Grundfläche weiterhin bewirtschaftet werden. Dadurch ergeben sich viele Vorteile: Durch den Schattenwurf werden der Boden und die Ackerkulturen vor der direkten Sonneneinstrahlung (UV-Belastung) geschützt. Der Wasserverbrauch wird somit vermindert und der Boden vor Austrocknung geschützt.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit ist der Einsatz der Photovoltaik als Zaun in der Landwirtschaft (bspw. Viehhaltung) oder im privaten Garten.



Abbildung 31:
Agrar-PV Schafflerhofstraße

Abbildung 32:
Photovoltaik-Module als Zaun

Photovoltaik-Gemeinschaftsanlagen

Durch den Betrieb einer PV-Gemeinschaftsanlage können vormals reine Stromverbraucher gemeinsam Strom erzeugen, den erzeugten Strom selbst nutzen und sich damit in gewissem Ausmaß selbst versorgen. Mieterinnen und Mieter, Eigentümerinnen und Eigentümer, Bürogebäude, aber auch Einkaufszentren profitieren davon, dass sie gemeinsam eine Photovoltaik-Anlage betreiben und damit vorhandene Dachflächen vollständig nutzen können.

Beteiligung an der PV-Gemeinschaftsanlage

Jede Bewohnerin bzw. jeder Bewohner, die/der PV-Strom nutzen möchte, muss einen Anteil an der PV-Gemeinschaftsanlage erwerben. Mindestens zwei oder mehrere Parteien müssen sich an der PV-Anlage beteiligen. Im Vorfeld wird ein (statischer oder dynamischer) Aufteilungsschlüssel für den erzeugten PV-Strom abgemacht.

Die PV-Gemeinschaftsanlage besteht zusätzlich zur Energieversorgung über das öffentliche Stromnetz. Jede Stromnutzerin bzw. jeder Stromnutzer kann weiterhin für den restlichen Strombezug aus dem Stromnetz ihren/seinen Energieversorger frei wählen. Jeder Partei im Gebäude steht es frei, sich an der gemeinschaftlichen PV-Stromnutzung zu beteiligen. Es ist eine Anlagenverantwortliche bzw. ein Anlagenverantwortlicher (Betreiber) zu bestimmen, die/der den Kontakt zum Netzbetreiber und Energieversorgungsunternehmen pflegt.

Folgende Möglichkeiten für die Umsetzung von PV-Gemeinschaftsanlagen gibt es, wobei diese als exemplarisch anzusehen sind und Abänderungen in der Praxis möglich sind.

Modell 1: PV-Anlage als Infrastruktur und „Gratisstrom“

Die Liegenschaftseigentümerin bzw. der Liegenschaftseigentümer investiert in die PV-Anlage und stellt den Strom den Bewohnerinnen und Bewohnern zur Verfügung (Vergleich Fahrradabstellraum, Waschküche).

Modell 2: Errichtung und Nutzung durch BewohnerInnen-Verein

Die Bewohnerinnen und Bewohner bzw. Liegenschaftseigentümerinnen und -eigentümer investieren in die PV-Anlage und regeln den Betrieb und die Nutzungsanteile selbst (z.B. Vereinsgründung).

Modell 3: Externes Unternehmen errichtet und verpachtet an BewohnerInnen

Ein externes Unternehmen investiert und betreibt die PV-Anlage, die Bewohnerinnen und Bewohner pachten ein Nutzungsrecht für den Eigenverbrauch.

Modell 4: Energieversorgungsunternehmen errichtet PV-Anlage als Vollversorger

Ein Energieversorgungsunternehmen errichtet und betreibt eine PV-Anlage und liefert PV-Strom und Netzstrom an die Bewohnerinnen und Bewohner.

Bei den Modellen 3 und 4 spricht man auch von Anlagencontracting.

Weitere Informationen sowie Musterverträge für die Umsetzung von PV-Gemeinschaftsanlagen werden auf der Informationsplattform für gemeinschaftliche Erzeugungsanlagen bereitgestellt: www.pv-gemeinschaft.at

Ausblick: Energiegemeinschaften

Die Weiterentwicklung der PV-Gemeinschaftsanlage (gemeinschaftliche Erzeugungsanlage) ist die Energiegemeinschaft. Konkret sind das die Erneuerbare-Energie-Gemeinschaft und die Bürgerenergie-Gemeinschaft. Durch die Umsetzung der Europäischen Richtlinien (Erneuerbare Energie Richtlinie und Strombinnenmarktlinie) in nationales Recht wird es in Zukunft Energiegemeinschaften, auch über die Grundstücksgrenzen hinweg und in gewisser regionaler Entfernung ermöglicht, Strom

- zu produzieren
 - gemeinsam zu nutzen
 - zu speichern
 - zu verbrauchen
 - zu handeln
- und ggfs. auch Stromnetze zu betreiben.

Energiegemeinschaften erleichtern es, dass regionaler, erneuerbarer Strom direkt vor Ort verbraucht wird. Das Optimieren des Eigenverbrauchs einer einzelnen Anlage wird zweitrangig, da der erzeugte Strom in der Gemeinschaft gebäudeübergreifend verbraucht werden kann. Dadurch können vorhandene Potenziale bestmöglich ausgeschöpft werden. Durch die reduzierte Nutzung des Stromnetzes entfällt ein Teil der Netzgebühr. So können die erneuerbaren Erzeugungsanlagen die vorhandenen Flächen optimal ausnutzen und gleichzeitig wirtschaftlich betrieben werden.

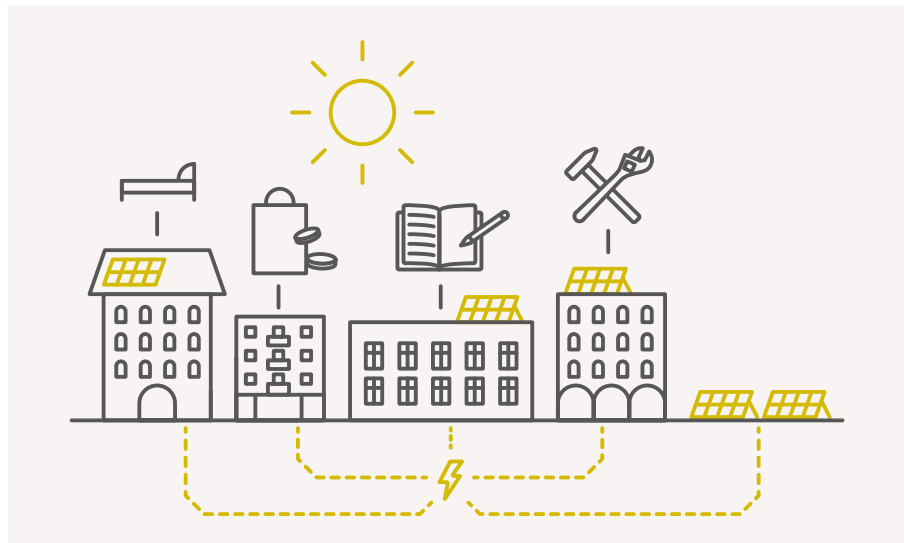


Abbildung 33: Beispiel-Darstellung einer Energiegemeinschaft

Kosten einer PV-Anlage

Die Kosten für eine Photovoltaik-Anlage sind in den vergangenen Jahren stark gesunken. Seit 2011 haben sich die Anschaffungskosten um 50 % reduziert. Dabei sind die spezifischen Kosten bei größeren Anlagen geringer als bei kleineren. Die Amortisation der Photovoltaik-Anlage ist umso rascher möglich, je mehr Sonnenstrom selbst genutzt wird, da damit der Zukauf des Stroms vom Energieversorgungsunternehmen reduziert wird und auch weniger Netzaufgaben und Steuern zu zahlen sind. So liegen die Kosten für eine fix-fertig installierte Kleinanlage mittlerweile bei 1.880 Euro/Kilowattpeak bzw. für etwas größere Anlagen bei 1.520 Euro/Kilowattpeak. Bei bauwerkintegrierter Photovoltaik ist aufgrund spezieller Anfertigungen mit höheren Kosten zu rechnen. Die Kosten einer PV-Anlage variieren je nach eingesetzten Produkten und deren Leistungsfähigkeit.

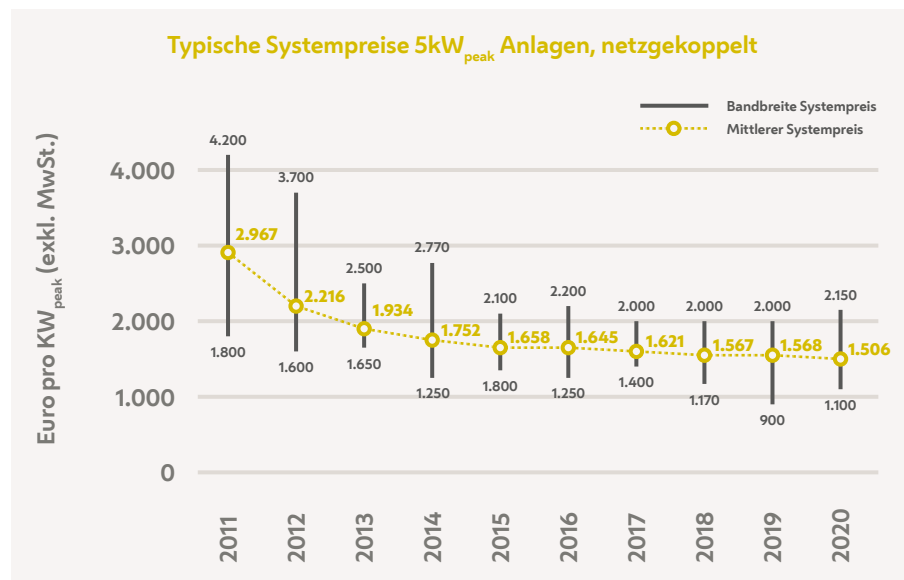
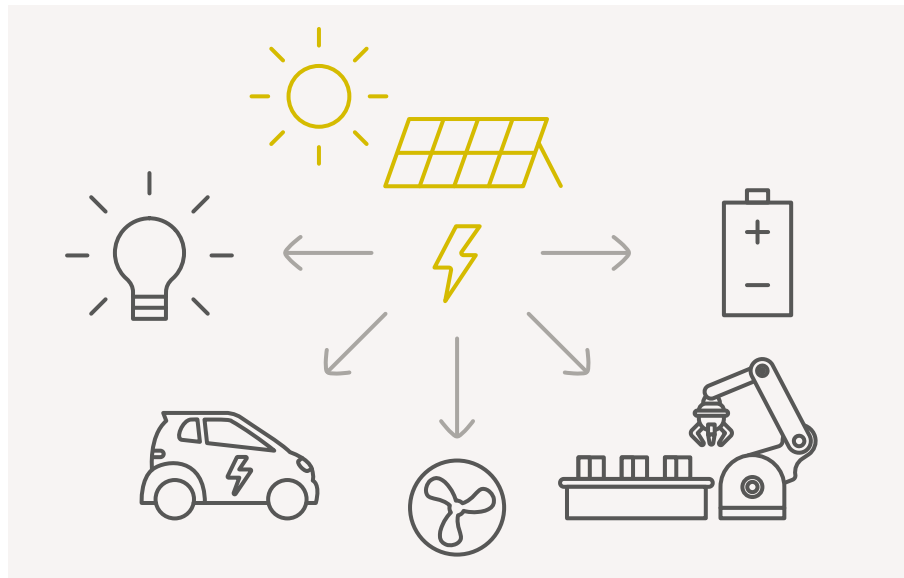


Abbildung 34: Systempreise für 5kW_{peak} netzgekoppelte Anlagen (2011–2020)

Einsatzmöglichkeiten der Photovoltaik

Der Strom aus Photovoltaik-Anlagen kann auf unterschiedliche Weise genutzt werden. Der Sonnenstrom kann für elektrische Geräte im Gebäude, für sämtliche Arten der E-Mobilität, aber auch für die Warmwasserproduktion oder Heizung genutzt werden. Gerade nicht genutzter Strom kann über einen Stromspeicher zwischengespeichert werden.

Abbildung 35: Vielfältige Anwendungsmöglichkeiten des selbst-erzeugten Sonnenstroms des eigenen Daches



Bei Photovoltaik-Anlagen, die an das öffentliche Stromnetz angeschlossen sind (netzgekoppelte Photovoltaik-Anlagen), kann der Sonnenstrom, der nicht direkt im Gebäude genutzt wird, in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Hierfür wird eine Einspeisevergütung an die Anlagenbetreiberin bzw. den Anlagenbetreiber bezahlt. Da die Einspeisevergütung meist niedriger ist als der Preis für Strom aus dem Stromnetz, ist es sinnvoll, möglichst viel erzeugten Sonnenstrom selbst zu verbrauchen. Um in das Netz einspeisen zu können, muss ein Vertrag mit einem beliebigen Energieversorgungsunternehmen abgeschlossen werden, das den eingespeisten Photovoltaik-Strom abkauft.

Inselanlagen sind Photovoltaik-Anlagen, die nicht mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden sind und den erzeugten Sonnenstrom vollständig für den Eigengebrauch verwenden. Inselanlagen sind im urbanen Raum nicht üblich und finden zum Beispiel auf Berghütten Verwendung.

Ertrag der PV-Anlage

Eine Photovoltaik-Anlage in Österreich erzielt pro Kilowattpeak einen jährlichen Stromertrag von 900 bis 1.100 Kilowattstunden. Pro Kilowattpeak wird eine Fläche von etwa 7 m² benötigt.

Ein durchschnittlicher Haushalt mit vier Personen hat einen Stromverbrauch von rund 4.000 Kilowattstunden pro Jahr. Eine Photovoltaik-Anlage mit vier Kilowattpeak kann damit in einem Jahr etwa gleich viel Sonnenstrom produzieren, wie der Haushalt benötigt. Der Flächenbedarf für die Photovoltaik-Anlage liegt damit bei 28 m². Rund 30 % des Sonnenstroms können direkt im Gebäude genutzt werden. Der restliche Sonnenstrom wird im Stromspeicher für später zwischengespeichert oder in das Stromnetz eingespeist. Durch die zunehmende Elektrifizierung der Wärme (Wärmepumpe, Heizstab, elektrische Warmwasseraufbereitung, ...), Kühlung sowie Mobilität wird trotz der Verwendung von energieeffizienteren Geräten der Stromverbrauch im Gebäude ansteigen. Vor allem neue Gebäude haben auf Grund der guten Bausubstanz nur mehr einen geringen Heizbedarf. Dieser kann z.B. von einer Wärmepumpe und einem Heizstab zur Warmwasseraufbereitung gedeckt werden. Der Strom dazu kann aus einer Photovoltaik-Anlage kommen.

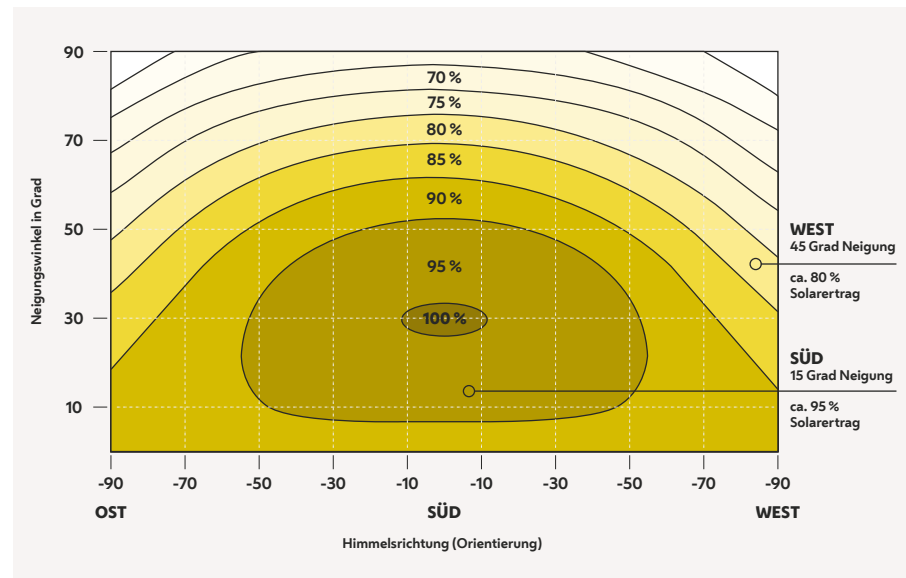


Abbildung 36: Einfluss von Orientierung und Neigung auf den jährlichen Solarertrag

Ausrichtung der PV-Anlage

Die höchsten Energieerträge werden erzielt, wenn die Photovoltaik-Anlage nach Süden ausgerichtet ist, mit einer Neigung von etwa 30–40 Grad. Oftmals ist eine bewusste Ausrichtung nach Osten oder Westen sinnvoll, da vor allem in den Morgen- und Nachmittagsstunden Strom benötigt wird. Auch bei einer Ost- oder West-Ausrichtung können noch 80–85 % Ertrag erreicht werden. Viel wichtiger ist es, jegliche

Beschattung der Module durch andere Gebäude, Bäume oder Verschmutzungen zu vermeiden, um möglichst hohe Erträge zu erzielen.

Energetische Rücklaufzeit

Die energetische Rücklaufzeit, auch Erntefaktor genannt, ist eine Angabe darüber, wie lange eine Anlage in Betrieb sein muss, um die zu ihrer Herstellung aufgewendete Energie selbst produziert zu haben. Bei kristallinen PV-Modulen beträgt die energetische Rücklaufzeit in Wien 2 bis 4 Jahre, bei Dünnschicht-Modulen 1 bis 2 Jahre.

Lebensdauer

Photovoltaik-Anlagen haben eine Lebensdauer von über 25 Jahren. Eine Ausnahme bilden Wechselrichter, die eine ungefähre Lebensdauer von 10 bis 15 Jahren erreichen. Regelmäßige Wartung, optimale Auslegung und fachgerechte Montage sind für einen optimalen Betrieb erforderlich.

2.2 Solarwärme

In thermischen Solaranlagen wird solare Strahlung in Wärme umgewandelt, die von der Brauchwassererwärmung bis zur Heizungsunterstützung genutzt wird. Die grundlegenden Elemente dieses Systems sind der Solarkollektor, die Pumpe, der Wärmetauscher und der Pufferspeicher bzw. Boiler.

Wie funktioniert eine Solarwärme-Anlage?

In einem Solarwärme-System sammeln Solarkollektoren die im Sonnenlicht enthaltene Energie und wandeln sie in Wärme um. Zentraler Bestandteil eines Solarkollektors ist der Solarabsorber, durch den ein Wärmeträgermedium (meist ein Wasser-Frostschutzmittelgemisch) fließt, das die Wärme aufnimmt und zum Wärmetauscher weitertransportiert. Im Wärmetauscher erfolgt die Weitergabe der Wärmeenergie an den Pufferspeicher. Das abgekühlte Wärmeträgermedium wird im Kreislauf zurück zum Kollektor gepumpt, wo es erneut erwärmt wird.

Bestandteile einer Solarwärme-Anlage

Die Bestandteile eines Solarkollektors hängen von der Art des Kollektors ab (siehe „Arten von Solarkollektoren“). Im Folgenden werden die Bestandteile des geläufigsten

verglasten Flachkollektors (2018 waren ca. 97 % der in Österreich installierten Kollektoren verglaste Flachkollektoren) sowie des Wärmespeichers und Wärmetauschers beschrieben.

Aufbau eines Solarkollektors

ABSORBER

Der Absorber ist der grundlegendste Teil eines Solarkollektors. Es handelt sich dabei um ein dunkel beschichtetes Blech, meist aus Kupfer oder Aluminium, das die Sonnenenergie einfängt. Er überträgt die Wärme dann an die Wärmeträgerflüssigkeit in den darunterliegenden Kupfer- oder Aluminiumrohren, die mit dem Speicher verbunden sind.

WÄRMEDÄMMUNG

Damit möglichst wenig von der absorbierten Sonnenenergie wieder verloren geht, ist der Kollektor vorne mit speziellem Solarglas und hinten meist mit Steinwolle gedämmt. Eingepackt ist der ganze Kollektor meist in ein Aluminiumgehäuse.

Arten von Solarkollektoren

WÄRMESPEICHER UND WÄRMETAUSCHER

Um das mit der Sonne erwärmte Wasser für Tage, an denen sie nicht scheint, speichern zu können, kommt meist ein Pufferspeicher zum Einsatz. Ein solcher kann mit einer Dämmstärke von mindestens 10 cm die gesammelte Wärme für ein paar Tage speichern. Um aber die Wärme über den ganzen Winter hindurch speichern zu können, braucht es einen wesentlich größeren Saisonspeicher, der zusätzlich mit einer Dämmstärke von bis zu 50 cm ausgestattet ist. Im oder seltener auch am Wärmespeicher befindet sich der Wärmetauscher, der die Wärme aus dem sonnenerhitzten Wasserkreislauf in den Brauchwasserkreislauf überträgt.

UNVERGLASTE FLACHKOLLEKTOREN

Unverglaste Flachkollektoren sind in der Herstellung und Anbringung die günstigste Variante. Sie liefern einen jährlichen Energieertrag von rund 300 kWh/m² und eignen sich für Niedrigtemperatursysteme. Ideal ist der Einsatz bei Schwimmbädern oder zur Warmwasservorerwärmung. Sie bestehen aus einem Bündel von Kunststoffrohren oder einer Absorberplatte mit darunterliegendem hydraulischem System samt Dämmung.

VERGLASTE FLACHKOLLEKTOREN

Der Preis für verglaste Flachkollektoren liegt etwa bei dem Doppelten von unverglasten Flachkollektoren. Der jährliche Energieertrag liegt im Vergleich höher bei

400–600 kWh/m². Verglaste Flachkollektoren sind das in der Europäischen Union am weitesten verbreitete System und dienen vor allem der Warmwasseraufbereitung und Heizungsunterstützung. Verglaste Flachkollektoren sind aus Absorber, hydraulischem System und Dämmung aufgebaut. Der Absorber wird durch die Verglasung zur Außenluft hin zusätzlich isoliert.

VAKUUM-RÖHRENKOLLEKTOREN

Der Preis für Vakuum-Röhrenkollektoren liegt ungefähr beim Dreifachen pro m², bezogen auf unverglaste Flachkollektoren. Der jährliche Energieertrag beträgt 450–650 kWh/m². Vakuum-Röhrenkollektoren sind auf besonders hohe Arbeitstemperaturen ausgelegt, können aber auch für Warmwasseraufbereitung und zur Raumheizungsunterstützung herangezogen werden. Absorber und hydraulisches System werden in Glasröhren geführt, in denen ein Vakuum hergestellt wurde. Das Vakuum zeichnet sich durch seine sehr hohe Dämmwirkung aus. Vakuum-Röhrenkollektoren werden auch in die Architektur integriert eingesetzt. Diese zusätzliche Funktion schafft einen Mehrwert, beispielsweise beim Einsatz als Brüstung oder als Beschattungselement.

LUFTKOLLEKTOREN

Im Gegensatz zu den bereits erwähnten Kollektortypen wird bei Luftkollektoren kein Wasser, sondern Luft, die durch das System strömt, erwärmt. Aufgrund der geringeren Wärmekapazität von Luft gegenüber Wasser eignen sich Luftkollektoren meist weniger für die Raumheizung oder Warmwasserbereitung. Die Einsatzmöglichkeiten von Luftkollektoren liegen vor allem in der Trocknung landwirtschaftlicher Produkte. Die warme Luft trocknet Früchte, Kräuter, Heu, Hackschnitzel und vieles mehr.

Installationsmöglichkeiten einer Solarwärme-Anlage

Die Kollektoren einer Solarwärme-Anlage werden meistens auf dem Dach montiert. Bei Schrägdächern gibt es zwei Möglichkeiten: die günstigere und häufigere Aufdachmontage, bei der die Kollektoren auf das Dach mit einem Abstand zur Dachfläche von 5–15 cm montiert werden, oder die aufwändigere, aber meist optisch harmonischere Indachmontage, bei der die Kollektoren in das Dach integriert werden und Teile der Dacheindeckung ersetzen. Ist ein Flachdach vorhanden, müssen die Kollektoren aufgeständert werden. Das erlaubt eine optimale Neigung und Ausrichtung, es muss aber darauf geachtet werden, dass sich die Kollektoren nicht gegenseitig verschatten. Dasselbe gilt für frei aufgestellte Kollektoren, die für Fernwärme oder größere Industriebetriebe verwendet werden.

Bei Gebäuden bietet sich auch die Montage der Kollektoren an der Fassade an, hier werden die Kollektoren entweder mit oder ohne Hinterlüftung vertikal in die Fassade integriert.

Kosten und Nutzen einer Solarwärme-Anlage

Wird eine Solarwärme-Anlage für die Brauchwassererwärmung und/oder Gebäudeheizung installiert, ist eine bedarfs- und fachgerechte Planung nötig. Es besteht ein Unterschied zwischen den Winter- und den Sommermonaten im Energieertrag. Eine Anlage wird so ausgelegt, dass die optimale Ausnützung der solaren Energie sowohl an Winter- als auch an Sommertagen genutzt wird. Es gilt, einen guten Kompromiss zwischen Investitionskosten für die Solaranlage und eingesparter konventioneller Energie zu finden.

Ein durchschnittlicher dreiköpfiger Haushalt verbraucht ca. 3.400 kWh in einem Jahr für die Warmwassererzeugung. Geht man von einer durchschnittlichen 6 m²-Solaranlage mit einer Leistung von 400 kWh pro m² und Jahr aus, so erzeugt diese 2.400 kWh jährlich. Dies entspricht in etwa 70 % des durchschnittlichen Warmwasserverbrauchs einer dreiköpfigen Familie.

Bei einer typischen Solaranlage zur Warmwasserbereitung (6 m² Kollektorfläche, 300 Liter Solarspeicher) belaufen sich die Kosten auf rund 3.800 Euro für das Solarset, 500 Euro für Zusatzmaterial und 1.500 Euro für die Montage. Eine Solaranlage für Warmwasser und Heizung (15 m² Kollektorfläche, 1.000 Liter Solarspeicher) kostet rund 8.100 Euro für das Solarset, 800 Euro für Zusatzmaterial und 2.700 Euro für die Montage. Die genauen Kosten variieren jedoch von Anlage zu Anlage.

Weitere Einsatzmöglichkeiten

PROZESSWÄRME

Mit großen Solarwärme-Anlagen können wesentliche Anteile der für industrielle Prozesse benötigten Wärme erzeugt werden. Im Niedrig- und Mitteltemperaturbereich sind solare Großanlagen praktisch universell einsetzbar und helfen bereits zahlreichen Unternehmen beim Sparen von Geld und CO₂-Emissionen.

FERNWÄRME

Solare Großanlagen können hier einen wichtigen Beitrag zur Wärmeversorgung für Städte und Gemeinden jeder Größenordnung leisten. Mit Erzeugungskosten von 4 bis 6 Cent pro kWh ist solare Fernwärme in der Regel günstiger als Öl und Gas.

Ertrag der Solarwärme-Anlage

Laut Marktstatistik waren mit Ende des Jahres 2019 in Österreich 5 Mio. m² thermische Sonnenkollektoren in Betrieb, was einer installierten Leistung von ca. 3,5 GWth

entspricht. Der Nutzwärmeertrag dieser Anlagen lag bei 2.081 GWh. Damit werden jährlich 353.713 Tonnen an CO₂-Emissionen eingespart.

Für den optimalen Ertrag wird ein Kollektor exakt Richtung Süden ausgerichtet. Abweichungen bis 45 Grad Richtung Südosten oder Südwesten sind aber ohne größere Wärmeverluste möglich. Von der Ausrichtung hängen auch der Ertrag und die benötigte Kollektorfläche ab. Je weiter der Kollektor von der Südrichtung abgewandt ist, desto mehr Fläche wird für denselben Energieertrag benötigt.

Die meisten Solaranlagen werden mit einer Neigung zwischen 30 bis 45 Grad montiert. Allerdings hängt die ideale Neigung von der Nutzung und dem Ort der Montage ab. Kollektoren für die Schwimmbaderwärmung werden mit einer Neigung von 0 bis 30 Grad montiert, jene für die Warmwasserbereitung mit 25 bis 55 Grad, jene für die Raumheizungsunterstützung mit 50 bis 70 Grad (gut geeignet, um die Wintersonne einzufangen) und Fassadenkollektoren mit einer Neigung von 90 Grad. Zur Sicherstellung maximaler Erträge wird die Planung durch einen erfahrenen Installationsbetrieb empfohlen, mit dem Ziel, in der strahlungsreichsten Zeit Erträge zur sofortigen Nutzung zu erwirtschaften und allfällige nicht sofort nutzbare Erträge für strahlungsärmere Tage zu speichern.

Energetische Rücklaufzeit

Solarwärme-Anlagen haben eine sehr kurze energetische Rücklaufzeit (Amortisation). In rund einem Jahr haben sie dieselbe Menge an Energie erzeugt, die für ihre Herstellung nötig war.

Lebensdauer

Nach einer internationalen Vereinbarung im Rahmen des IEA (International Energy Agency) SHC (Solar Heating and Cooling Programme) wird eine statistische Lebensdauer von Solarwärme-Anlagen von 25 Jahren angenommen. In der Praxis laufen die Anlagen jedoch meist deutlich länger.



Abbildung 37: Indachkollektoren auf Einfamilienhaus



Abbildung 38: Aufdachkollektoren

2.3 Hybridkollektoren

Hybridkollektoren vereinen Solarwärme- und Photovoltaik-Technologie innerhalb eines Bauteils und erzeugen Strom und Wärme gleichzeitig. Bei Hybridkollektoren werden auf der Rückseite des PV-Moduls wie bei einem thermischen Kollektor Wärmeschlangen angebracht, die die Wärme in einen Pufferspeicher ableiten. Trifft Sonnenstrahlung auf ein PV-Modul, wird sie nur teilweise in elektrischen Strom umgewandelt. Ein großer Teil wird zu Wärme, die bei reinen PV-Modulen ungenutzt bleibt.

Photovoltaisch-thermische (PVT) Sonnenkollektoren bzw. Hybridkollektoren ermöglichen es, diese Wärme zu nutzen, indem sie abgeführt und in einem Pufferspeicher gesammelt wird. Das hat den Effekt, dass sich die PV-Zellen nicht so stark aufheizen und der Ertrag steigt (der Wirkungsgrad eines Photovoltaik-Moduls ist bei ca. 25 Grad Celsius am höchsten). Steigen die Temperaturen, verliert ein Photovoltaik-Modul pro Grad etwa 0,5 % Leistungsvermögen. Durch diesen Synergieeffekt bieten PVT-Kollektoren eine hohe flächenspezifische Effizienz, d.h. sie erzeugen auf derselben Fläche Strom und Wärme. Einen Vergleich zeigt die untenstehende Grafik. Die Lebensdauer von PVT-Kollektoren ist aufgrund der ähnlichen Bauweise vergleichbar mit PV-Modulen und Sonnenkollektoren.

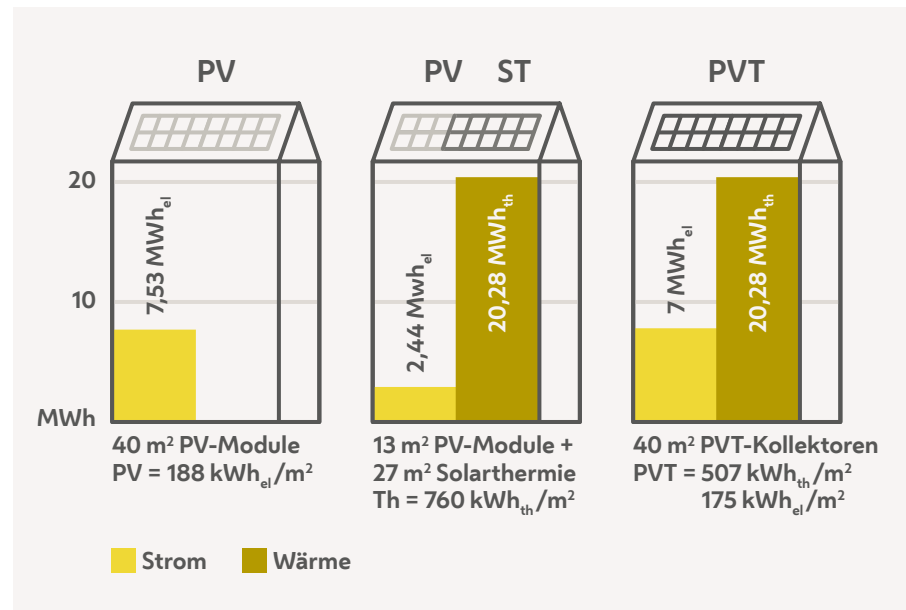


Abbildung 39: Vergleich des jährlichen Energieertrags zwischen PV, Solarwärme und Hybridkollektoren

2.4 Bauwerksbegrünung, Teil der grünen Infrastruktur

Die unvorteilhafte Entwicklung des Mikroklimas in der Stadt ist für uns Menschen am eigenen Leib spürbar. Gehäuft auftretende Hitzewellen haben in den letzten Jahren zu erhöhten Mortalitätsraten unter vulnerablen Bevölkerungsgruppen geführt, speziell bei in ihrer Mobilität eingeschränkten älteren Personen und Kindern. Mittlerweile spricht man in Österreich von mehr Hitze- als Verkehrstoten. Diese Entwicklungen sind unter anderem auf die Intensivierung speichernder und versiegelter Oberflächen in Kombination mit mangelhaftem Lufttransport zurückzuführen. Der Temperaturunterschied durch wachsende versiegelte Siedlungsräume in der Stadt und im Umland wird im Urban Heat Islands Strategieplan der Stadt Wien beschrieben. Der strategische Einsatz von Begrünungen gilt in diesem Zusammenhang als effektive Klimawandelanpassungsmaßnahme.

In urbanen Gebieten mit hoher Bebauungsdichte stellen Bauwerksbegrünungen einen wichtigen Teil der grünen Infrastruktur der gesamten Stadt dar, werten das Stadtbild auf und nutzen wertvolle Restflächen. Das folgende Kapitel widmet sich der Dach- und in weiterer Folge der Fassadenbegrünung.

Wie wirken sich Begrünungen auf das Umfeld aus?

Grüne Infrastrukturen in der Stadt leisten einen wertvollen Beitrag in vielen Teilbereichen der zukunftsweisenden Stadtentwicklung in Neubau und Bestand:²

DIE GRÜNE KLIMAANLAGE FÜR DRAUSSEN

Begrünte Oberflächen verhalten sich im Gegensatz zu versiegelten Bauweisen wie Asphalt, Beton, Glas und mineralischen Oberflächen als aktive Kühlinfrastruktur. Blattoberflächen können sich im Gegensatz zu unbegrüntem Flächen, welche an Sommertagen bereits über 70 Grad Celsius Oberflächentemperatur aufweisen, kaum über Lufttemperatur erwärmen. Begrünungen üben zudem eine Beschattungsfunktion auf die Oberfläche aus. Durch Verdunstung von Wasser durch Blattwerk und Substrate wird die umgebende Luft gekühlt und sinkt dadurch ab. Wenn sich diese Luft über dem Straßenraum wieder erhitzt, steigt sie auf und der Kreislauf startet von Neuem. Diese „latente“ Wärme ist nicht fühlbar, wird aber im Kondensationsprozess in fühlbare Wärme überführt. Begrünungen geben auch nachts Verdunstungskälte ab. Dadurch gelingt es, die Gebäudeumgebung kühler zu halten.

REGENWASSERRÜCKHALT

Schon extensive Dachbegrünungen können als Bestandteil des Regenwassermanagements bis zu 90 % des Gesamtniederschlags im Jahresmittel zurückhalten. Sonderbauformen sowie intensive Dachbegrünungen erlauben sogar 100 % Retention und

² Pfoser N. et al. (2013): Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkung. Interdisziplinärer Leitfaden als Planungshilfe zur Nutzung energetischer, klimatischer und gestalterischer Potenziale sowie zu den Wechselwirkungen von Gebäude, Bauwerksbegrünung und Gebäudeumfeld.

sind auf die effiziente Rückhaltung von Starkregenereignissen ausgerichtet. Das Regenwasser dient Pflanzen als Versorgung, wird gespeichert und verwendet oder verdunstet. Der Regenablauf und Rückhalt bei Starkregenereignissen sind bei begrünten Dächern zeitlich versetzt und weitaus effizienter als bei konventionellen Dächern, das Kanalsystem wird entlastet. Dach- und Fassadenbegrünungen bieten mit Hilfe von innovativen Lösungen auch Möglichkeiten für Grauwassernutzung. Dachbegrünungen übernehmen dabei eine Filterfunktion für Wasser, welches beispielsweise im Haus in der Toilettenspülung wiederverwendet werden kann.

WOHLBEFINDEN UND ARTENVIELFALT

Neben dem thermischen Komfort, der Luftreinigung und dem Lärmschutz fördern Bauwerksbegrünungen auch das menschliche Wohlbefinden und schaffen ein gesünderes und lebenswerteres Umfeld. Die Produktivität, Zufriedenheit und der Erholungsfaktor in der Stadt werden gesteigert und sogar Krankheitstage verringert.

Eine wesentliche Rolle der Bauwerksbegrünung umfasst auch den Erhalt bzw. die Steigerung der Artenvielfalt und Biodiversität. Begrünungen auf Dächern und an Fassaden stellen wertvolle Trittsteinbiotope in sicherer Entfernung von Pestiziden und Herbiziden der landwirtschaftlichen Nutzung zur Verfügung. Im Rahmen stadtökologischer Konzepte werden dadurch gefährdete Arten wie Wildbienen, Schmetterlinge und Vögel mit abwechslungsreichen Habitatstrukturen versorgt.



Abbildung 40: Vorteile von Bauwerksbegrünungen auf städtischer Ebene




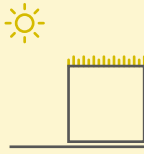







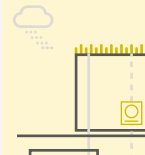

Bedarf	 Temperatur	 Licht	 Lüftung	
Maßnahme	 Adiabate Kühlung	 Wärmebehaltung, Pufferwirkung	 Außenliegender Sonnenschutz	 Vorkonditionierung natürliche/kontrollierte Lüftung
Wirkung Gebäudebegrünung	<ul style="list-style-type: none"> + Vermeidung Aufheizung Gebäudeoberflächen/Innenraum/Absorber durch Verschattung/Verdunstungsleistung der Pflanzen 	<ul style="list-style-type: none"> + Reduktion Wärmeverluste der Gebäudehülle + Geringere Windbelastung 	<ul style="list-style-type: none"> + Blendschutz durch Verschattung + Funktionsübernahme technischer Systeme + Pflanzenabhängig translucent 	<ul style="list-style-type: none"> + Luftreinigung + Luftbefeuchtung + Kühlung der Zuluft im Sommer
Einsparung Zugewinn	Einsparung Kühlkosten	Reduktion Wärmedurchgang	Reduktion Primärenergie, Einsparung Wartungskosten technischer Systeme	Unterstützung/Entfall Klimageräte
Bedarf	 Elektrische Energie	 Wasser	 Material Ökobilanz	
Maßnahme	 Umweltenergie	 Grauwassernutzung und -reinigung	 CO ₂ -Bilanz	
Wirkung Gebäudebegrünung	<ul style="list-style-type: none"> + Wirkungsgradsteigerung technischer Systeme + Unterstützung aktiver und passiver Energiegewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> + Trinkwassersparnis + Kühlwirkung + Schadstoff-Filterung + Gestaltungselement 	<ul style="list-style-type: none"> + Kohlenstoffspeicherung + O₂-Produktion + Energiebedarfsreduktion + Filterung Feinstäube + Bauteilschutz/Verlängerung der Lebensdauer 	
Einsparung Zugewinn	Leistungssteigerung Photovoltaik, Einsparung Kühlenergie, Biomassegewinnung	Einsparung systemabhängig	Einsparung Fassaden-Dachmaterialien, Lebensdauer-Verlängerung	

Abbildung 41: Vorteile von Bauwerksbegrünungen auf Gebäudeebene

DER NUTZEN AUF GEBÄUDEEBENE

Es entstehen jedoch nicht nur auf städtischer und gesellschaftlicher Ebene, sondern auch auf Ebene eines einzelnen Objektes Vorteile durch Begrünung:

Begrünungen wirken sich auf den Temperaturhaushalt von Gebäudeoberflächen und deren Umgebung positiv aus. Synergien werden in den Bereichen der natürlichen Lüftung, Energieproduktion, der effizienten Wassernutzung, Verschattung und im Bereich der Materialebensdauer genutzt. Speziell die Lebenszyklusverlängerung eines begrünten Gebäudes ist auf den physischen Materialschutz durch die Temperaturpufferfunktion von Wetterextremen zurückzuführen.

Begrünungen bieten einen natürlichen Witterungsschutz vor Sonneneinstrahlung, Hagel und Regen. Gleichzeitig wird der Immobilienwert erhöht. Durch CO₂-Speicherung, Sauerstoffproduktion, Feinstaubbindung und die Reduktion des Energiebedarfs werden Material- und Ökobilanzen verbessert.

Durch die adiabate Kühlung (Vermeidung der Aufheizung durch Verschattung und Verdunstungskälte) und den Dämmeigenschaften werden Betriebskosten für Heizen und Kühlen gesenkt. In Bezug auf den winterlichen Wärmeschutz ergab die Messung einer Fassadenbegrünung mit Efeu einen Temperaturunterschied zwischen Außenblättern und Wandoberfläche von 3 Grad Celsius.³ Durch die effiziente Nutzung von Begrünungen als natürliches Verschattungselement sinkt der Primärenergiebedarf, zudem fallen Wartungskosten bei effizienter Planung und Wartung geringer aus als bei rein technischen außenliegenden Verschattungen. Im Winter verlieren die sommergrünen Pflanzen ihre Blätter und solare Einstrahlung wird ermöglicht. Die Verbesserung des Mikroklimas in der Gebäudeumgebung sorgt für eine natürliche Vorkonditionierung der Luft, dadurch wird die natürliche Lüftung wieder möglich und kann den Einsatz von Klimaanlage minimieren.

Bedenkt man den gesteigerten Energieverbrauch im Gebäudebereich und die vor uns liegenden Herausforderungen durch den Klimawandel, welche zu einer weiteren Steigerung des Energieverbrauchs führen werden, so ergeben sich in ihrer Priorität gereifte Vorgangsweisen. Zuerst muss am Nutzerinnen- und Nutzerverhalten durch Aufklärung angesetzt werden. Zugleich ist der Energieverbrauch durch die Beförderung passiver Strategien zu senken, dazu zählt die Dämmung und Verschattung des Gebäudes, aber auch die aktive Kühlung des Umfelds durch Begrünung, welche natürliche Belüftung ermöglicht. Zusätzlich erfolgt die bedarfsgeleitete Umsetzung aktiver Strategien, wie die dezentrale Erzeugung von erneuerbaren Energien, welche durch Bauwerksbegrünungen zusätzlich unterstützt wird. Mittels passender Verbindung mit Photovoltaik und/oder Solarthermie wird der Wirkungsgrad von Solartechnologie gesteigert und gleichzeitig ein wertvoller Beitrag zur Bewahrung und Steigerung der Artenvielfalt durch Habitatschaffung geleistet.

³Bartfelder, F. und Köhler, M. Experimentelle Untersuchungen zur Funktion von Fassadenbegrünungen, Berlin: PhD Technische Universität Berlin, 1987

Dachbegrünung

Welche Arten der Dachbegrünung gibt es?

Es gibt zwei primäre Arten von Dachbegrünungen: extensiv und intensiv. Diese werden detailliert im Leitfaden für Dachbegrünung der Stadt Wien (2020) und in der ÖNORM L 1131 (2010) für Dachbegrünungen beschrieben. Ihre Anforderungen sind darin bis hin zur Zertifizierung von Schichten und Gesamtaufbauten geregelt. Dachbegrünungen unterscheiden sich durch Aufbauhöhe, Gewicht, Funktion und eingesetzte Vegetationsgesellschaften. Sowohl Flach- als auch Steildächer sind begrünbar. Zusätzlich wird zwischen einlagigen und mehrlagigen Bauformen unterschieden. Je nach Begrünungsziel kommen auch Hybridformen von teilflächigen Begrünungen, Habitatstrukturen und Kombinationen unterschiedlicher Aufbauhöhen und Nutzungsformen zum Einsatz. Bei intensiven Dachbegrünungen ist ein Wasseranschluss vorzusehen, bei extensiven Dachbegrünungen ist ein solcher empfehlenswert. Die Anwuchs- und Entwicklungspflege, bis zum übergabefertigen Zustand als auch laufende Erhaltungspflege müssen bei jeder Dachbegrünung durchgeführt werden.

Extensive Dachbegrünungen beginnen bei einer Gesamtaufbauhöhe von 8 cm und haben ein geringes Gewicht. Niedrig wachsende Pflanzenarten, wie Sukkulente, Moose, Kräuter und Gräser bestimmen das Vegetationsbild. Extensive Dachbegrünungen erfordern wenig Pflegeaufwand. Da die Dachbegrünung meist nicht vom Menschen genutzt wird, bietet sie einen wertvollen Lebensraum für Pflanzen und Tiere. Das Flächengewicht beträgt 80 bis 150 kg/m². Diese Dachbegrünungsart lässt sich einfach mit Solaranlagen kombinieren (siehe Kapitel 3).

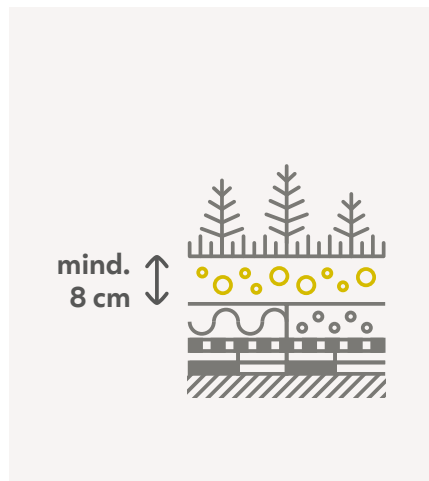


Abbildung 42: Intensive Dachbegrünung – Aufbau

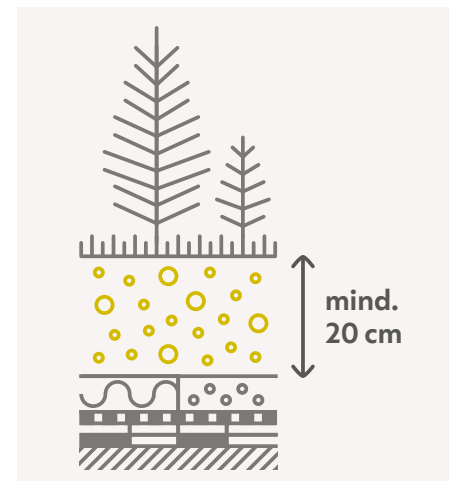


Abbildung 43: Extensive Dachbegrünung – Aufbau

Intensive Dachbegrünungen beginnen ab einer Gesamtaufbauhöhe von 20 cm und haben daher auch ein höheres Gewicht. Je nach Aufbauhöhe kann eine große Vielfalt an Pflanzenarten eingesetzt werden, beispielsweise auch Bäume, die mindestens 80 cm Substrathöhe benötigen und gegen Windlasten gesichert werden müssen. Eine intensive Dachbegrünung kann alle Funktionen eines Gartens, sogar einer Parkanlage übernehmen. Dementsprechend muss sie gepflegt und mit Wasser versorgt werden. Verschiedene Nutzungsformen werden integriert, beispielsweise Erholung, gemeinschaftliches „Garteln“, Sport oder der Anbau von Gemüse. Das Flächengewicht beträgt 300 bis 1.000 kg/m². Diese Art der Dachbegrünung lässt sich mit Solaranlagen in Form einer Pergolakonstruktion verbinden (siehe Kapitel 3).



Abbildung 44: Extensive Dachbegrünung, Dresdner Straße



Abbildung 45: Intensive Dachbegrünung, Favoritenstraße

Die Bestandteile einer Dachbegrünung

VEGETATION

Die Vegetationsgesellschaft variiert von bodendeckenden Sukkulenten bis hin zu Sträuchern und Bäumen, je nach Aufbauhöhe und verfügbarem Wurzelraum und Pflege der Dachbegrünung. Die Begrünung ist mittels Ansaat mit Sprosssteilen, mit Topf- und Ballenpflanzen bis hin zu vorkultivierten Fertigmatten und Fertigrasen möglich.

SUBSTRAT/VEGETATIONSTRAGSCHICHT

Das Substrat bietet Wurzelraum für die Pflanzen und dient der Speicherung von Wasser und Nährstoffen. Die normgerechten Substrate bestehen aus mineralischen offenporigen Schüttstoffen, wie z.B. Tonhartbrand, Blähton, Blähschiefer oder recyceltem Ziegelsplitt, welche mit einem variierenden Anteil an organischer Substanz (wie beispielsweise gütegesichertem Kompost) abgemischt werden. Bei extensiven Dachbegrünungen ist der Anteil an organischer Substanz niedrig, bei intensiven Dachbegrünungen hoch. Die ÖNORM L 1131 regelt detailliert alle Anforderungen an Substrate (Lagerungsstabilität, Nährstoffgehalt, Porenluftkapazität, Wasserspeicherkapazität, Drainagewirkung, Feinanteile etc.).



Abbildung 46: Dachbegrünung –
Musteraufbau

FILTERSCHICHT

Die Filterschicht trennt die Vegetationstragschicht von der Drainage und Speicherschicht. Damit wird das Verschlämmen der Drainschicht durch eingeschwemmte Feinanteile aus der Vegetationstragschicht verhindert. Zusätzlich werden wertvolle Feinanteile für Wurzeln im Vegetationssubstrat gehalten. Sie besteht aus einem durchwurzelbaren und wasserdurchlässigen Vlies/Geotextil, welches seine Dampfdiffusionsoffenheit über Jahrzehnte erhalten muss.

DRAINAGE- UND SPEICHERSCHICHT

Die Drainage- und Speicherschicht dient einerseits zur kontrollierten Ableitung von Starkregenereignissen und andererseits zur Speicherung und Bevorratung von Regenwasser. Sie besteht entweder aus mineralischen (Recycling-)Schüttstoffen oder aus vorgefertigten Festkörperdrainagen aus Kunststoff bzw. anderen Gemischen mit und ohne Wasserspeicherfunktion.

SCHUTZLAGE

Die Schutzlage besteht aus einem in seiner Funktion nach ÖNORM L 1131 definierten Vlies/Geotextil. Sie schützt die Dachabdichtung in der Bauphase und darüber hinaus vor Beschädigungen.

DURCHWURZELUNGSSCHUTZ

Ein zusätzlicher Durchwurzelungsschutz ist notwendig, wenn die Dachabdichtung selbst nicht wurzelfest ausgeführt ist. Der Durchwurzelungsschutz wird in der Regel mechanisch mit Folienlagen hergestellt.

DACHABDICHTUNG

Die Dachabdichtung ist immer normgerecht und wurzelfest auszuführen. Dabei kommen entweder mit Durchwurzelungssperre versehene bituminöse Bahnen oder mehrlagig eingebaute Folien zum Einsatz. In der Wiener Förderrichtlinie für Dachbegrünungen wird eine Asbest- und PVC-freie Dachabdichtung gefordert. Dabei dürfen Dachabdichtungsbahnen mit Wurzelhemmstoffen oder Bioziden nach der Definition der Biozid-Verordnung (EU) Nr. 528/2012 in den Systemen und Materialien nicht verwendet werden. Die Wurzelfestigkeit von Produkten muss nach FLL-Richtlinie geprüft werden. Der Verband für Bauwerksbegrünung veröffentlicht jedes Jahr eine aktualisierte Liste wurzelfester Bahnen für Österreich.

Begrünbare Dachkonstruktionen

Folgende Dachbauformen (unabhängig von ihrer Neigung) sind begrünbar:

Kaltdach	durchlüftete zweischalige Konstruktion, deren obere Schale tragfähig ist, einschalige Konstruktion ohne Wärmedämmung
Warmdach	einschalige Konstruktion mit Wärmedämmung unter der Abdichtung
Umkehrdach	einschalige Konstruktion mit Wärmedämmung über der Abdichtung*
Plusdach	ein Warmdach mit zusätzlicher Umkehrdämmung über der Abdichtung (ist wie das Umkehrdach zu behandeln)

*Achtung: Bei Umkehrdächern ist die Wasserbevorratung und Dampfdiffusionsoffenheit des Aufbaus zu beachten, darauf ergibt sich ein andersartiger lagiger Aufbau. Umkehrdächer werden immer mehrlagig ausgeführt.

Prinzipiell sind alle Dachneigungen begrünbar. Dächer mit einem Gefälle von 1,8 % (1 Grad Neigung) bis 58 % (30 Grad Neigung) können normgerecht begrünt werden. Ab 9 % Gefälle müssen Maßnahmen wie Rutsch- oder Schubsicherungen gegen das Abrutschen von Wurzelschutz und Abdichtung, und ab 26 % Gefälle Maßnahmen gegen das Abrutschen des gesamten Aufbaus gesetzt werden (siehe Kapitel 5.5 Planungshilfen und Tools aus den unterschiedlichen Fachbereichen). Dachbegrünungen außerhalb dieser Gefällespanne sind als Sonderkonstruktionen anzusehen und bedürfen unbedingt einer professionellen Planung und Errichtung.⁴

⁴ ÖNORM L 1131, Gartengestaltung und Landschaftsbau – Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken – Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung



Abbildung 47:
Biodiversitätsdach, Sargfabrik

Einsatzmöglichkeiten der Dachbegrünung

FLACHDÄCHER AUF NEUBAUTEN

Besonders skalierbare Einsatzmöglichkeiten von Gründächern sind im Geschosswohnungsbau und bei großflächigen Industriegebäuden gegeben. Prinzipiell kann jedes Flachdach begrünt werden und eine Vielzahl von Nutzungen ermöglichen. Die Stadt Wien schreibt die Begrünung von Flachdächern im Flächenwidmungs- und Bebauungsplan vor. Siehe Inhalt der Bebauungspläne § 5 (4) k.⁵

⁵<https://www.wien.gv.at/recht/landesrecht-wien/rechtvorschriften/html/b0200000.htm>

FLACHDÄCHER AUF BESTEHENDEN GEBÄUDEN

Bei der Sanierung eines Flachdachs sollte immer der Einsatz eines Gründaches angedacht werden. Speziell bestehende Kiesdächer bieten ein großes Potenzial, da die Lastenannahmen für ein extensives Gründach zumeist ausreichend bemessen sind. In Wien wird dies teilweise gebietspezifisch vorgegeben.

RETENTIONS-DÄCHER – SONDERFORM DES FLACHDACHS

Retentionsdächer halten die bei starken Niederschlägen entstehenden hohen Abflussmengen zurück und entlasten das Kanalsystem. Mittlerweile ist eine kontrollierte Anstaufunktion durch Drosselsysteme möglich. Zukünftig ist eine Zunahme von 0-Grad-Dächern zu erwarten, da diese gleichermaßen ein verbessertes Regenwassermanagement ermöglichen als auch dem Mikroklima zugutekommen.

SCHRÄGDÄCHER

Extensive Begrünungen sind auch auf schrägen Dächern möglich (normgerecht bis zu 30 Grad), wobei ab 9 Grad Neigung Rutsch- oder Schubsicherungen notwendig werden.

BIODIVERSITÄTSDÄCHER

Eine Variation des extensiv- bis semi-intensiven Gründaches stellen naturnah ausgeführte Dächer dar. Diese sind der Habitat- und Artenvielfalt gewidmet und enthalten vielfältige Strukturen (Substrate, Totholz, Steine, Nisthilfen, temporäre Wasserflächen etc.). Auch eine nachträgliche Aufwertung von Bestandsgründächern ist möglich.

Fassadenbegrünung

Begrünbare Fassaden

Je nach Wahl des Begrünungsziels müssen Fassaden unterschiedlichen Anforderungen gerecht werden. Die unterschiedlichen Fassadentypen grenzen die Einsatzmöglichkeit der Fassadenbegrünungen ein und sind ausschlaggebend für die Wahl der Fassadenbegrünungssysteme im Neubau als auch Bestand.

Diese drei Fassadentypen sind in Österreich am häufigsten abgebildet und begrünbar:

1. Außenwand-Wärmedämmung-Verbundsysteme (WDVS)
2. Massivwand (Mauerwerksverband, Betonwand)
3. Vorgehängte, hinterlüftete Fassaden (VHF)

Die Begrünbarkeit ist vor allem im Fall von Bestandssanierungen immer von einer Expertin bzw. einem Experten zu prüfen, da es auch neben statischen Erfordernissen Untergründe gibt, die nur eine erschwerte bzw. keine Begrünung zulassen (z.B. stark sandende bzw. reflektierende Oberflächen).

Welche Arten der Fassadenbegrünung gibt es?

Fassadenbegrünungen haben unterschiedliche Umsetzungsformen, welche im Leitfaden der Stadt Wien für Fassadenbegrünung (2020) und in der ÖNORM L 1136 (2021) in ihren Anforderungen, bis hin zur Zertifizierung geregelt werden. Sie unterscheiden sich durch Systemaufbau, Gewicht, Funktion und eingesetzte Vegetationsgesellschaften. Grundsätzlich wird zwischen bodengebundenen Begrünungen mit Kletterpflanzen, Mischformen mit Trögen und wandgebundenen Begrünungsarten unterschieden. Unterschiede gibt es zwischen Begrünungen mit Kletterpflanzen und Living Walls, die mit Stauden, Gräsern und Kräutern bepflanzt werden. Die Anwuchs- und Entwicklungspflege bis zum übergabefertigen Zustand als auch die laufende Erhaltungspflege müssen bei jeder Fassadenbegrünung durchgeführt werden.

Bestandteile einer Fassadenbegrünung

Die Bestandteile variieren je nach Fassadenbegrünungssystem, das auf der jeweiligen Fassade möglich ist beziehungsweise aufgrund der Zielsetzung für die Begrünung passend ist. Es wird zwischen Pflanzen, Substraten bzw. Substratersatzstoffen, Vegetationsträgern, Versorgungstechnologie etc. unterschieden.

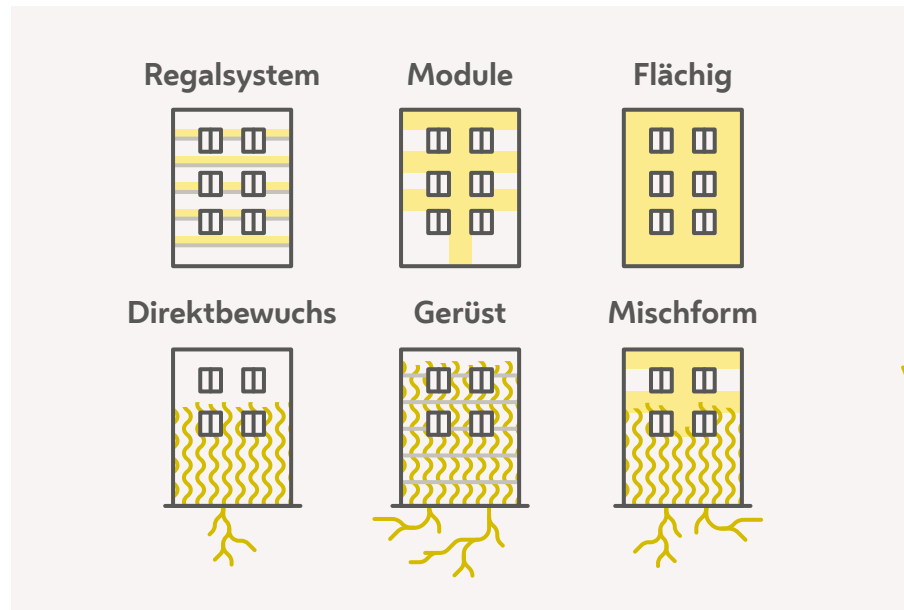


Abbildung 48: Formen von Fassadenbegrünungen

Bodengebundene Begrünung

Wenn genügend Wurzelraum im Anschluss an die zu begrünende Fassade vorhanden ist oder hergestellt werden kann, ist eine bodengebundene Begrünung zumeist die kostengünstigste Form. Der Untergrund ist daher zu prüfen, gegebenenfalls sind Bodenverbesserungsmaßnahmen durchzuführen. Eine regelmäßige Versorgung mit Wasser durch die Einleitung von Regenwasser oder eine Bewässerungsanlage ist sicherzustellen. Der notwendige Wurzelraum richtet sich in seiner Dimension nach dem Begrünungsziel, der Kletterpflanzenart und Höhe des zu erreichenden Bewuchses. Eine Mindestdiefe von 60 cm und ein Mindestvolumen von 1 m³ pro Pflanze sind ratsam.

Bei Kletterpflanzen kommen selbstklimmende Kletterpflanzen, wie z.B. Wilder Wein und Gerüstkletterpflanzen, die eine Hilfe zum Klettern benötigen, zur Anwendung.

Je nach Klettereigenschaften und dem Vorhandensein von Haftorganen kommen unterschiedliche Rankhilfen zum Einsatz. In Österreich gibt es über 20 verschiedene Kletterpflanzenarten, von denen manche Arten bis zu 30 m hoch werden können.



Abbildung 49: Bodengebundene Fassadenbegrünung, Kandlgasse

Als Rankhilfe kommen unterschiedliche Systeme zum Einsatz, von Seilen über Netze bis zu Gitterkonstruktionen. Wichtig dabei ist deren möglichst durchdringungsarme Befestigung, die notwendige Statik sowie die Abstimmung mit den jeweiligen Klettereigenschaften der Pflanzen (Schlinger und Winder, Sprossranker etc.) zu beachten. So kann ein optimales Erscheinungsbild der Begrünung gewährleistet werden. Grüne



Abbildung 50: Kletterpflanzenarten nach Kletterstrategie

Pflanzenvorhänge können auch als außenliegende Beschattung dienen. Die Berechnung der Statik richtet sich dabei nach der jeweiligen Bepflanzung (Gewicht, Rankeigenschaften), Pflegeintervallen sowie zusätzlichen Lasten, welche zu erwarten sind (z.B. Schnee, Wind).

Troggebundene Begrünung

Wenn kein Bodenanschluss verfügbar ist oder die maximale Begrünungshöhe der jeweiligen Pflanzenarten nicht durch eine direkte Pflanzung möglich ist, wird Wurzelraum an der Fassade geschaffen. Hier kommen zumeist Tröge zum Einsatz, welche von ihrer Materialität für einen dauerhaften Einsatz geeignet sind (z.B. Faserzement, Steinfaser, Hochfestbeton, Metall etc.) und als recyclingfähig gelten. Die diesbezüglichen Anforderungen an Materialqualitäten sind zu beachten. Technische Anforderungen sind unter anderem: Frostsicherheit, UV- und Brandbeständigkeit, Stabilität gegen mechanische Einwirkung von außen und Vandalismus. Zusätzlich sollte man auf ökologische Kriterien (z.B. regionale Produktion, kurze Transportwege etc.) achten.

Gefäße für Fassadenbegrünungen stellen ähnliche Bedingungen an die Langlebigkeit und Strukturstabilität des Substrats wie eine Dachbegrünung. Daher werden sie immer schichtweise aufgebaut. Ein Wasseranstaup im Trog hilft, Wasser zu sparen, und ermöglicht eine zielgerichtete Versorgung mit Wasser.



Abbildung 51: Troggebundene Fassadenbegrünung, Zedlitzhalle



Abbildung 52: Wandgebundene Fassadenbegrünung, MA 48

Wandgebundene Begrünung

Wandgebundene Begrünungen werden ausschließlich als vorgehängte und hinterlüftete Fassade ausgeführt. Wasserführende Ebenen sind vom Gebäude entkoppelt. Sie verfügen immer über eine automatische und bedarfsgerechte Bewässerung und Nährstoffversorgung und bieten einen breiten optischen Gestaltungsspielraum. Das Bepflanzungsspektrum reicht von intensiven ornamentalen Blühstauden bis hin zu extensiv anmutenden, artenreichen Blumenwiesen. Zusätzlich übernimmt diese Form der Fassadenbegrünung zumeist auch die Funktionen der Gebäudedämmung und des Fassadenschutzes. Sie erbringt eine erhöhte mikroklimatische Leistung durch die Verdunstungsleistung der Pflanzen und des Vegetationskörpers.

Ab einer gewissen Größe ist es ratsam, Sensoren und selbstlernende Steuerungssysteme zur bedarfsgerechten und präzisen Wasser- und Nährstoffversorgung einzusetzen. Steuerungssysteme benötigen einen frostfreien Technikraum und müssen zu Wartungszwecken zugänglich gestaltet sein.

Einsatzmöglichkeiten der Fassadenbegrünung

Prinzipiell können Fassadenbegrünungen großflächig auf fast allen Fassadentypen in Bestand und Neubau zum Einsatz kommen. Eine Prüfung relevanter Grundgegebenheiten hilft, Potenziale, wie z.B. die Substitution von außenliegender technischer Verschattung, energetische Optimierung oder auch Einschränkungen, wie z.B. Brandschutz, rechtzeitig zu erkennen.

Bei selbstklimmenden Kletterpflanzen auf einer Bestandsfassade ist zunächst sicherzustellen, dass die Fassade intakt ist. Falls das Übergreifen von selbstklimmenden Kletterpflanzen auf benachbarte Gebäude, Dachstühle oder Fenster nicht erwünscht ist, kann deren Anwachsen durch eine Trennleiste unterbunden werden. Es gibt bereits erste WDVS-Systemhersteller, die eine Begrünbarkeit ihres Systems im Neubau als erstrebenswert erachten und die diesbezügliche Eignung ausweisen. Auf Kletterpflanzenarten mit lichtfliehenden Trieben (z.B. Efeu) ist gesondert einzugehen. Sie können hinterlüftete Wände oder Fensterbretter unterwachsen und aufsprengen. Dies gilt auch bei Gerüstkletterpflanzen mit dementsprechenden Eigenschaften. Insbesondere ist Vorsicht geboten, wenn eine Fassade bereits außenliegende technische Verschattungseinrichtungen aufweist und diese unterwachsen werden können.

Die Ausrichtung der Fassade hat eine Auswirkung auf die Begrünung. An Ost- und Westfassaden herrschen wesentlich gemäßigtere Bedingungen als an Nord- oder Südfassaden. Im Norden müssen die Pflanzen mit einer geringeren Sonneneinstrahlung zurechtkommen. Im Gegensatz dazu sind Pflanzen auf einer Südfassade Hitze und Trockenheit ausgesetzt und weisen dementsprechend einen erhöhten Wasserbedarf auf. Es gibt für jede Himmelsausrichtung als auch für jedes Begrünungsziel (siehe Kapitel 3) passende Begrünungsvarianten. Diese müssen im Vorfeld durch eine professionelle Planung ausgearbeitet werden und durch professionelle Unternehmen umgesetzt und gepflegt werden. Unterkonstruktionen und Systembestandteile der Fassadenbegrünung sind an die Begrünungsvariante anzupassen.

Kosten von Bauwerksbegrünungen

Die tatsächlichen Herstellungs- und Pflegekosten sind von Projektgröße, Materialauswahl, vorhandenen Strom- und Wasseranschlüssen und den notwendigen Gerätschaften, entsprechend der Zugänglichkeit, stark abhängig, wie zum Beispiel der Verwendung von Hubsteigern, Einsatz von Industriekletterinnen bzw. Industriekletterern oder eingebauten Vorrichtungen für die Pflege. Hinzu kommen noch die Planungskosten (Richtwert: zwischen 5–15 % der Errichtungskosten).

KOSTEN DER DACHBEGRÜNUNG (ÖNORM L 1131 ASI 2010)

Herstellung Dachbegrünung extensiv (ab 8 cm)	25 bis 50 Euro/m ²
Herstellung Dachbegrünung intensiv (ab 12–30 cm)	50 bis 100 Euro/m ²
Herstellung Solargründach/PV-Gründach (Gründach-aufbau und Solaraufständerung ohne Module)	ab 65 Euro/m ²
Pflege und Wartung Dachbegrünung extensiv und intensiv durch Fachpersonal	je nach Aufwand 55 bis 100 Euro/h

Tabelle 1: Richtpreise für die ÖNORM-gerechte Herstellung von Bauwerksbegrünung durch Fachbetriebe, exkl. Mehrwertsteuer (Stand 2019)

Dies sind Richtpreise, angelehnt an 1.000 m²-Projekte. Geeignete Gründächer bedürfen abhängig von der Neigung schubsichernder Maßnahmen.

Die Pflege von extensiven Gründächern hat, wenn laut Norm ausgeführt, Häufigkeit und Umfang der Wartung eines Kiesdaches. Es ist laut Norm zwischen Anwuchs- und Entwicklungspflege und der Erhaltungspflege zu unterscheiden. Der Pflegeaufwand von intensiven Gründächern ist von einer qualitativ hochwertigen Planung abhängig.

KOSTEN DER FASSADENBEGRÜNUNG (ÖNORM L 1136)

Herstellung bodengebundene Fassadenbegrünung* (Kletterpflanzen mit/ohne Rankgerüst)	50 bis 500 Euro exkl./m ²
Herstellung troggebundene Fassadenbegrünung am Boden* (Kletterpflanzen mit/ohne Rankgerüst)	250 bis 800 Euro exkl./m ²
Herstellung wandgebundene Fassadenbegrünung (Lebende Wände – Kräuter, Gräser, Stauden)	500 bis 1.500 Euro exkl./m ²
Pflege und Wartung von boden- (alle 2–5 Jahre) und fassadengebundenen Fassadenbegrünungssystemen (Abhängig von Pflanzenauswahl, Zugänglichkeit, techn. Ausstattung, wie z.B. Sensoren und Steuerung)	10 bis 50 Euro exkl./m ² /Jahr

*Bei Kletterpflanzenbegrünungen ist für den Preis relevant, ob ein zusätzliches Gerüst baulich für die Aufstellung errichtet werden muss und ob ein Rankgerüst, Installateurarbeiten etc. notwendig/gewünscht sind. Der Pflegeaufwand von Fassadenbegrünungen ist von einer qualitativ hochwertigen Planung abhängig.

Tabelle 2: Fachgerechte Herstellung von Bauwerksbegrünung durch Fachbetriebe, exkl. Mehrwertsteuer (Stand 2019)

2.5 Zukunftsfähige Gebäude/Quartiere

Einzelne Gebäude müssen im gesamtheitlichen Kontext mit dem Quartier betrachtet werden. Gegenseitige Verschattung, Smart Grid Systeme und mikroklimatische Auswirkungen haben Einfluss auf die zukünftigen Planungen. Klimaschutz und die Klimawandelanpassung nehmen einen immer wichtigeren Stellenwert ein. Im Zuge der verstärkten Nutzung der Ressourcen vor Ort sind die aktiven und passiven solaren Gewinne zu maximieren. Das bedeutet, dass neben einer optimierten Anordnung der Gebäude, um den Heizenergiebedarf im Winter bzw. Kühlbedarf im Sommer zu reduzieren, auch deren Fassaden- und Dachflächen zur Produktion elektrischer Energie (mittels Photovoltaik) bzw. von Wärme (mittels Solarwärme-Anlagen) herangezogen werden sollten. Da Städte über ein begrenztes Flächenangebot verfügen, müssen die vorhandenen Flächen effektiv genutzt werden, um die Effizienz der Energieversorgung zu erhöhen und einen Beitrag zur Dekarbonisierung zu leisten, bei gleichzeitiger Minimierung des Urban Heat Island Effekts.



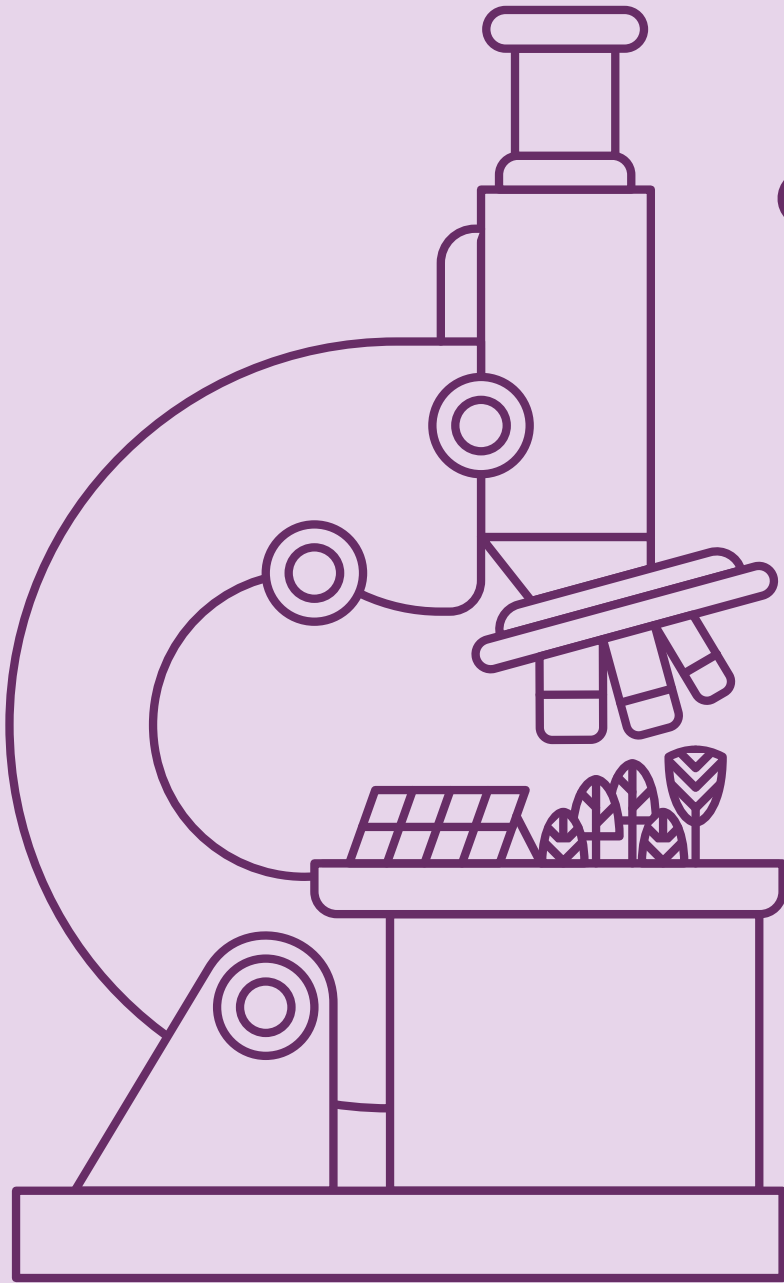
Abbildung 53: Forschung,
GRÜNSTADTKLIMA

Ein zukunftsfittes Gebäude ...

- kann einen Teil des Strom- und Wärmebedarfs selbst herstellen und auch andere Gebäude versorgen;
- kann Energieüberschüsse und Spitzenlasten aufnehmen bzw. speichern und mit vor Ort gespeicherter Energie eine gewisse Zeit betrieben werden;
- bietet so die Möglichkeit, netzdienlich für das Energienetz (Strom oder Fernwärme) und damit ökonomisch betrieben zu werden;
- nutzt dazu auch mehrtägige Markt- bzw. Wetterprognosen zur Steuerung;
- berücksichtigt die Sommertauglichkeit/Klimawandelanpassung (Temperierung, Begrünung, Durchlüftung);
- bietet die Möglichkeit, gleichzeitig anfallende Wärme und Kälte im Gebiet zu nutzen oder zu speichern;
- wird mit realistischen Werten für Heiz- und Kühllasten ausgelegt (kein Kumulieren von Sicherheitsaufschlägen);
- reduziert die Verluste der Warmwasserverteilung;
- nutzt CO₂-freie Vor-Ort-Ressourcen und Abwärme optimal;
- kombiniert Bauwerksbegrünungen mit Solartechnologie (u.a. zur Ertragssteigerung);
- verwendet lokale und artenvielfältige Saatgutmischungen sowie Habitatstrukturen (um die Biodiversität und Artenvielfalt zu steigern);
- verwendet neue Nutzungskonzepte (Gemüse, Biomasse, Kläranlagen, Grauwasser, Kreislaufanlagen);
- verwendet Kletterpflanzen (auch möglich mit Wurzellebensraum in ungenutzten Gebäudeteilen, wie z.B. Keller) als außenliegenden Sonnenschutz alternativ zu technischen Anlagen/oder zur Hintergrünung/-kühlung von PV-Fassaden;
- integriert Bauwerksbegrünungen in den Energieausweis, Building Information Modeling (BIM);
- verwendet effiziente Steuerungs- und Versorgungsanlagen mittels Sensortechnik und cloudbasierter Datenspeicherung;
- setzt Roboter und Drohnen für Monitoring und Pflege ein.
(In der Schweiz befindet sich derzeit der erste Mähroboter für Solargründächer im Test, welcher auch kleine Gehölze schneiden kann. Durch ein integriertes Kamerasystem werden von dem Roboter beispielsweise Strukturelemente, die der Artenvielfalt dienen, erkannt und umfahren. Er wird aus nachhaltiger Energiequelle betrieben und ist direkt mit der Solaranlage gekoppelt. 2019 wurde durch das Programm „Stadt der Zukunft“ ein erstes Sondierungsprojekt in Österreich für den Einsatz von Robotern und Drohnen im Bereich Monitoring und Pflege durchgeführt (DroB). Die Ergebnisse lassen auf eine weitere Entwicklung in diesem Themenbereich schließen.)

3

**Kombinations-
möglichkeiten
und Synergien
in der
Gebäudenutzung**



3.1 Solartechnologie und Bauwerksbegrünung

Um sich von fossilen Energien abwenden zu können, ist es notwendig, vermehrt auf innovative Lösungen wie Photovoltaik- und/oder Solarwärme-Gründächer sowie Fassaden in Kombination mit Solartechnologie, mit zusätzlicher Möglichkeit zu ihrer Begrünung, zu fokussieren. Um die Funktionalität der Synergie von Bauwerksbegrünung und Solartechnologie zu gewährleisten, ist eine fachgerechte Planung, Ausführung und Wartung notwendig (mehr Informationen dazu in Kapitel 5). Dieses Kapitel beschreibt die unterschiedlichen Kombinationsmöglichkeiten von Photovoltaik- bzw. Solarwärme-Anlagen mit Bauwerksbegrünung zum Stand des Wissens 2020.

Kombinationsmöglichkeiten von Solartechnologie und Bauwerksbegrünung

Für die Kombination der Solartechnologie mit der Bauwerksbegrünung gibt es mittlerweile eine Vielzahl an unterschiedlichen Umsetzungsmöglichkeiten (siehe Abbildung 54). Neben einem schlichten „Nebeneinander“ gibt es natürlich ein „Übereinander“ der Technologien. Es wird dabei zwischen einem geringeren Abstand von mindestens 20 cm, aber auch einem größeren Abstand von über 2 m unterschieden. Für Letzteres fungiert die Überdachung mittels Solartechnologie (meist Photovoltaik) als eine Art Pergola und schafft damit Schutz vor Witterungseinflüssen und die Gestaltung von nutzbaren Aufenthaltsräumen (Bsp. Dachgarten – siehe Abbildung 57). Auch vertikal angebrachte Solartechnologien an Fassaden, in der Dachbegrünung als bi-faziale Ausführung, können genutzt werden. Die unterschiedlichen Arten der Kombination und worauf im Detail zu achten ist, werden folgend beschrieben.

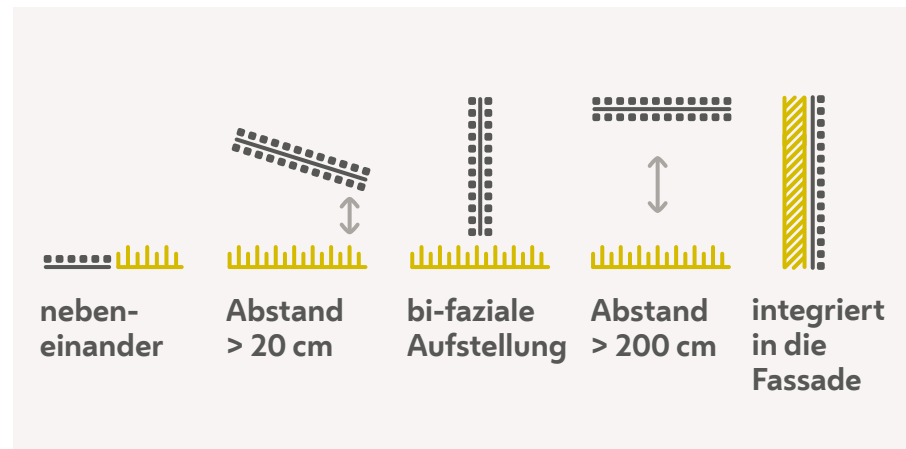


Abbildung 54: Kombinationsmöglichkeiten von Solartechnologie und Bauwerksbegrünung

3.2 Kombinierte Bauweisen und Beispielprojekte

Nebeneinander angeordnete Technologien an Dach und Fassade

Die einfachste Form ist die Flächenaufteilung der Solarkollektoren und der Dach- bzw. Fassadenbegrünung nebeneinander (siehe Abbildung 55). Der Zugang zur begrünten, aber auch zur Solarfläche ist ohne Einschränkungen gegeben. Mit geeignetem Abstand sind alle Begrünungsformen umsetzbar. Es gilt jedoch, eine klare bauliche Trennung der Flächen vorzunehmen, um ein Übergreifen der Vegetation auf die jeweilige Solartechnologie zu verhindern (z.B. das Hinterwachsen von Anlagen durch Kletterpflanzen wie Efeu), Näheres dazu in Kapitel 5. Eine Synergie kann in der Bereitstellung von Regenwasser für Begrünungen durch die nicht begrünten Dachflächen geschaffen werden. Der Ansatz orientiert sich jedoch nicht an einer Mehrfachnutzung pro m² Fläche und kann daher auch nur eingeschränkt die Potenziale der synergetischen Kombination ausschöpfen.



Abbildung 55: GrünAktivHaus

Kombination „Übereinander“ mit einem Mindestabstand von > 20 cm am Dach

Versuch: Die derzeit gängigste Methode ist eine Zusammenführung der beiden Technologien übereinander mit einem Abstand von > 20 cm (siehe Abbildung 54). Durch diese Kombination entsteht ein Mehrwert für die Biodiversität und Artenvielfalt.

Wirkungsweisen für Flora, Fauna und System

Die Installation der PV-Module und Solarthermie auf Gründächern schafft zusätzliche partielle Verschattung und somit längere Wasserspeicherung und damit nachweislich positive Auswirkungen auf den Pflanzenwuchs (Schindler et al., 2018). Da nicht alle Pflanzenarten Verschattung vertragen, muss besonders auf die geeignete Pflanzenwahl geachtet werden. Die Studie von Köhler et al. (2007) bestätigt außerdem eine positive Auswirkung auf die Artenvielfalt der Pflanzen als Folge der Installation von PV-Modulen. Eine weitere positive Auswirkung ist eine Verbesserung für die Tierwelt. Durch die Photovoltaik- oder Solarthermie-Module entstehen neue Nischen und Verstecke, die von unterschiedlichen Tierarten als Lebensräume genutzt werden. Die Nutzung von angepassten Materialien schafft automatisch Strukturen zur Erhöhung der Artenvielfalt. Forschungsergebnisse der ZHAW Zürich (Brenneisen et al., 2015) bestätigen, dass der Lebensraum für Insekten und die Mikrohabitatschaffung für spezialisierte Pflanzenarten ausgezeichnet ist. Gemäß Schweizer Gründachvorgaben für Solargründächer werden Biodiversitätselemente an Stellen umgesetzt, die nicht mit Photovoltaik-Anlagen ausgestattet werden können. Beispielsweise werden auf bestimmten Bauteilen die Substrathöhen auf 30 cm erhöht und so Hügel gebildet. Dazu können Totholz und Sand, temporäre Wasserflächen und verschiedene Substrate hinzugefügt werden, um Ansprüche für unterschiedliche Arten zu erfüllen.



Abbildung 56: Ost-West-Ausrichtung der PV-Module

Pflanzen verdunsten durch ihre Blattoberfläche Wasser. Für diesen Prozess entziehen die Blätter Energie aus ihrer Umgebung. Dieser Effekt wird Evapotranspiration genannt und sorgt damit für die sogenannte Verdunstungskälte. Damit heizen sich Gründächer bei ausreichender Wasserversorgung nur minimal über die Umgebungs-/Lufttemperatur auf. Eine niedrigere Umgebungstemperatur bewirkt eine Ertragsleistungssteigerung der Photovoltaik-Module auf Gründächern. Durch die Verdunstungskälte von Substraten und Pflanzen kann damit eine Ertragssteigerung der Photovoltaik-Anlage von bis zu 4 % erreicht werden. (Brach et al., 2015). Falls ein zu geringer Abstand zwischen Begrünung und Solaranlage gewählt wird, ist die Durchlüftung und die Wirkung der Verdunstungskälte jedoch eingeschränkt. Die Hinterlüftung durch den Mindestabstand zwischen Solartechnik und Begrünung muss in jedem Fall gewährleistet sein.

Die montierten Module erzeugen einen unterschiedlichen Luftaustausch und kleine Turbulenzen, wodurch sich wiederum in anderen Bereichen beruhigte Luftströme einstellen. Die verschiedenen Luftströmungen haben Einfluss auf die Verdunstung von Wasser durch Pflanzen bzw. des Bodens und somit auf die Umgebungstemperatur. Es entstehen vielfältige Mikroklimata, die den Anforderungen von biodiversen Vegetationen gerecht werden. Die Wahl der richtigen Pflanzen ist essentiell.

Technologie und Pflege

Ein weiterer Vorteil der Kombination von PV-Anlage und Solartechnologie auf Gründächern ist, dass die Auflast des Dachsubstrats und der Vegetationsschicht die Photovoltaik-Module festigt. So können Durchdringungen der Dachabdichtung und damit eine mögliche Undichtheit der Dachkonstruktion und Wärmebrücken vermieden werden, da die Module nicht ab Dach befestigt werden müssen. Durch die Montage in der Drainage- und Speicherebene wird auch eine Festigung gegen die Windsoglast erreicht, dabei kommen ausschließlich extensive Dachbegrünungsformen unter der PV-Anlage zur Anwendung. Ein Hochwachsen der Vegetation ist nicht erwünscht und der Aufbau muss dementsprechend ausgemagert werden.

Um eine ausreichende Sonnenstrahlung für Pflanzen zu gewährleisten, werden die Photovoltaik-Module auf eine spezielle Unterkonstruktion mit einem Mindestabstand von 20 cm von der Oberkante des Substrats zum Modul eingebunden, abhängig von System, Neigung und Windlast. Es muss auf die Windlast geachtet werden, wenn dadurch die Module mit größerem Abstand bzw. steiler positioniert werden.

Vor dem PV-Modul wird ein Kiesstreifen angelegt. Dieser verhindert eine ungewollte Verschattung des Moduls durch Pflanzenwuchs und dient für Wartungsarbeiten. Das Regenwasser, das von den Modulen abgeleitet wird, wird in den Kiesstreifen geleitet. Dieses Wasser wird entweder durch ein Gefälle oder ein Verteilervlies unter

das Modul geleitet und ermöglicht dadurch eine Ansiedlung von Pflanzen in diesen Bereichen. Dieser Kiesstreifen muss regelmäßig gewartet und von ungeplantem Bewuchs freigehalten werden. Nach neuesten Erkenntnissen ist die Ost-West-Anlage mit mittiger Einleitung des Wassers und rückwärtigem Pflegezugang die beste Variante. Bei einer Schmetterlingsaufstellung der Module kann der Abstand zwischen den Modulen auf 0,5 m gehalten werden, damit keine Pflanzen zwischen den Modulen aufwachsen können. Wasser kann jedoch durch den kleinen Spalt immer noch abfließen.

Kombination von Photovoltaik und Begrünung übereinander mit einem Mindestabstand von > 200 cm am Dach/Freiraum

Die Sonderform mit einem Abstand > 200 cm zwischen der Dachkonstruktion und der Photovoltaik-Paneele (siehe Abbildung 58) schafft eine dreifache Nutzung derselben Fläche. Solartechnologie, Dachbegrünung und Aufenthaltsraum für den Menschen treten in Verbindung. Die Pergolakonstruktion mit semi-transparenten Modulen wird durch die Auflast einer intensiven Dachbegrünung (durchdringungsfrei) gehalten. Regenwasser wird in die Begrünung eingeleitet und eine Nutzung der Fläche im Schatten der PV durch den Menschen über die ganze Saison ermöglicht. Der Dachgarten dient neben Aufenthalts- auch als Produktionsraum. Die Photovoltaik spendet wertvollen Schatten, die Semi-Transparenz sorgt für optimale Ergebnisse im Bereich Wuchsleistung der Vegetation. Eine Integration ist sowohl in Bestands- als auch in Neubauprojekten möglich.



Abbildung 57: PV-Dachgarten

BEISPIELPROJEKT: DER STROMERZEUGENDE DACHGARTEN DER ZUKUNFT – AUS DER FORSCHUNG IN DIE PRAXIS

Zu Beginn des Forschungsprojekts wurde auf einem ungenutzten Bestandsdach der Universität für Bodenkultur Wien ein erster Prototyp unter Kooperation der Forschungspartner aus Wissenschaft und Wirtschaft umgesetzt. Die Photovoltaik-Pergola mit integrierten und lichtdurchlässigen Glas-Glas-PV-Modulen sorgt für Schatten, erzeugt gleichzeitig Sonnenstrom und bietet einen großzügigen Aufenthaltsbereich, der zum Verweilen oder zum Arbeiten in entspannter Atmosphäre einlädt. Die PV-Anlage liefert einen jährlichen Stromertrag von etwa 5.800 kWh. Die gesamte erzeugte Energie wird direkt im Haus genutzt. Durch diese Art der Doppelnutzung entstehen aus bislang flächenkonkurrierenden Nutzungen vielfältige Synergien, so werden unter der Pergola zum Beispiel Gemüse und Kräuter für die Institutsküche produziert.

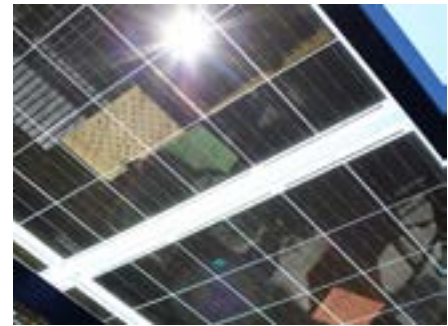


Abbildung 58 + 59: PV-Dachgarten am neuen TüWI-Gebäude der Universität für Bodenkultur Wien

Durch die positiven Erfahrungen im Forschungsprojekt wurde mittlerweile auch auf einem anderen Gebäude der Universität für Bodenkultur ein weiterer Dachgarten geschaffen. Weitere Umsetzungsprojekte abseits der Universität für die Anwendung im Wohnbau sind in Entwicklung.

Kombination von bi-fazialen PV-Modulen und Dachbegrünung

Diese Form der Verbindung von Begrünung und Stromerzeugung ist das Ergebnis neuester Forschungen aus der Schweiz. Der Verein Solarspar und die Züricher Hochschule für angewandte Wissenschaften forschen gemeinsam an einer optimalen Nutzung von Gründächern in Kombination mit Solartechnologie. Gegenstand der derzeitigen Forschung sind bi-faziale Anlagen, welche auch die Sonneneinstrahlung auf deren Rückseite zur Stromproduktion nutzen können (siehe Kapitel 2) und vertikal auf das Gründach gestellt werden. Die Montage erfolgt auflastgehalten direkt in

der Drainage- und Speicherebene der Dachbegrünung. Durch die Ost-West-Ausrichtung verläuft die tägliche Energieproduktion über den gesamten Tag.

Um die Reflexion der Sonnenstrahlen zu erhöhen, wird das Dach mit silberlaubigen Pflanzen wie Thymian und Sonnenröschen extensiv begrünt, diese mit weißem Zierkies gemischt und eine Steigerung des Albedoeffekts sowie eine Leistungssteigerung von 16 % erreicht.

Die vertikale Aufständigung hat eine höhere Windauflast zur Folge. Dem kann eine Erhöhung der Schichtdicke der Vegetationstragschicht entgegenwirken. Ein Ertragsverlust durch die Verschattung durch Pflanzen kommt bei dieser Variante außer in Ausnahmefällen nicht zum Tragen. Gleichzeitig wird dadurch die Wasserrückhaltung von 80 % des jährlichen Niederschlags und eine Optimierung des positiven Klimaeffekts des Daches gewährleistet. Die Einleitung des Regenwassers erfolgt mittig und der Verteileffekt wird durch ein Verteilvlies verbessert.

Kombination von Solarwärme und Dachbegrünung

Der Vorteil von Solarwärme ist, dass der Ertrag durch eine gegebenenfalls von Pflanzen verursachte Verschattung im Gegensatz zu Photovoltaik-Modulen kaum Auswirkung zeigt. Sonst gelten für diese Kombination dieselben Grundvoraussetzungen.



Abbildung 60: Vertikale Anbringung der bi-fazialen PV-Module

Abbildung 61: Photovoltaik mit Fassadenbegrünung



Abbildung 62: Photovoltaik mit Fassadenbegrünung und Dachbegrünung



Kombination von Photovoltaik und Fassadenbegrünung in derselben Fläche

Um der Aufheizung von PV-Modulen und damit der Minderung der Leistung entgegenzuwirken, können unterschiedliche Fassadenbegrünungen hinter den Modulen installiert werden. Die Verdunstungskälte der Fassadenbegrünung wirkt als Kühlung der aufgewärmten PV-Module und der Wirkungsgrad der PV-Module kann bei Hitzetagen um 4–5 % gesteigert werden (Pfoser, S. 114 f., 2018). Die Wahl der richtigen Kletterpflanzen bzw. Stauden hinter den Modulen und ausreichend Restlicht für die Pflanze bestimmen die Effizienz der Anlage. Zudem ist strikt auf die Kletterpflanzeigenschaften einzugehen, da eine Beschädigung der Anlage vermieden werden muss (Dickewachstum, lichtfliehende Triebe). Es kommt daher nur eine sehr eingeschränkte Artenauswahl in Frage.

Auf die notwendige Pflege, wie das Entfernen von Laub sowie rückzuschneidende Triebe und Wartungszugriffe im Bereich der Begrünungen, muss Bedacht genommen werden. Die Zugänglichkeit ist zu gewährleisten.

Abbildung 62 zeigt eine Kombination von multifunktionalen Wandfassaden- und Dachsystemen. Das Projekt der TU Wien wurde auf einem Altbaugebäude, genutzt durch eine Schule, im urbanen Raum aufgebaut. Sowohl die Dach- als auch die Fassadenbegrünung wurde mit semi-transparenten Photovoltaik-Modulen ergänzt. Die Untersuchungsergebnisse aus diesem Projekt zeigen, dass das System umso resilienter ist, je dicker ein Vegetationsträger bzw. die Substratstärke ist, weil es Temperaturschwankungen besser ausgleichen kann. Die fassadengebundenen Systeme reduzieren den U-Wert einer nicht gedämmten Fassade, abhängig von den Hinterlüftungsöffnungen und der Größe der Begrünungsfläche. An ungedämmten Gebäuden ist eine 20 %ige Verbesserung möglich.⁶

⁶<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/gruenplusschuleballungszentrum-hocheffiziente-fassaden-und-dachbegrueung-mit-photovoltaik-kombination-optimale-loesung-fuer-die-energieeffizienz-in-gesamtoekologischer-betrachtung.php>

Kombination von Solarwärme und Fassadenbegrünung

Direkte Solareinstrahlung und Umgebungstemperatur sind ausschlaggebend für den Wirkungsgrad der Solarthermie. Der Absorber arbeitet effektiver, je geringer die Temperaturdifferenz zwischen Außenluft und Absorber ist. Bei Fassaden gibt es eine großflächige Abdeckung durch die Solarthermiekollektoren, also wirkt sich eine Begrünung nicht so stark aus wie auf einem Dach.

Weitere Synergieformen

BUSWARTEHAUS DER ZUKUNFT – STEGERSBACH

Die STATION BY FONATSCH ist eine energieautarke Busstation mit einer extensiven Dachbegrünung. Die Synergie von wirtschaftlichen und ökologischen Interessen steht hier im Namen der nachhaltigen Entwicklung mit Skalierungspotenzial. Die PV-Anlage erzeugt Strom für die Beleuchtung der Haltestelle, USB-Ladeanschlüsse, WLAN sowie eine E-Bike-Ladestation. Die extensive Dachbegrünung besteht aus recycelten Materialien und Sukkulenten, wobei auch eine naturnahe Vegetation möglich wäre.⁷

⁷<https://www.green4cities.com/?p=1900&lang=de>



Abbildung 63: Begrüntes Buswartehaus mit PV-Anlage in Stegersbach

BEISPIELPROJEKT: BEGRÜNTE TANKSTELLE, UNGARN

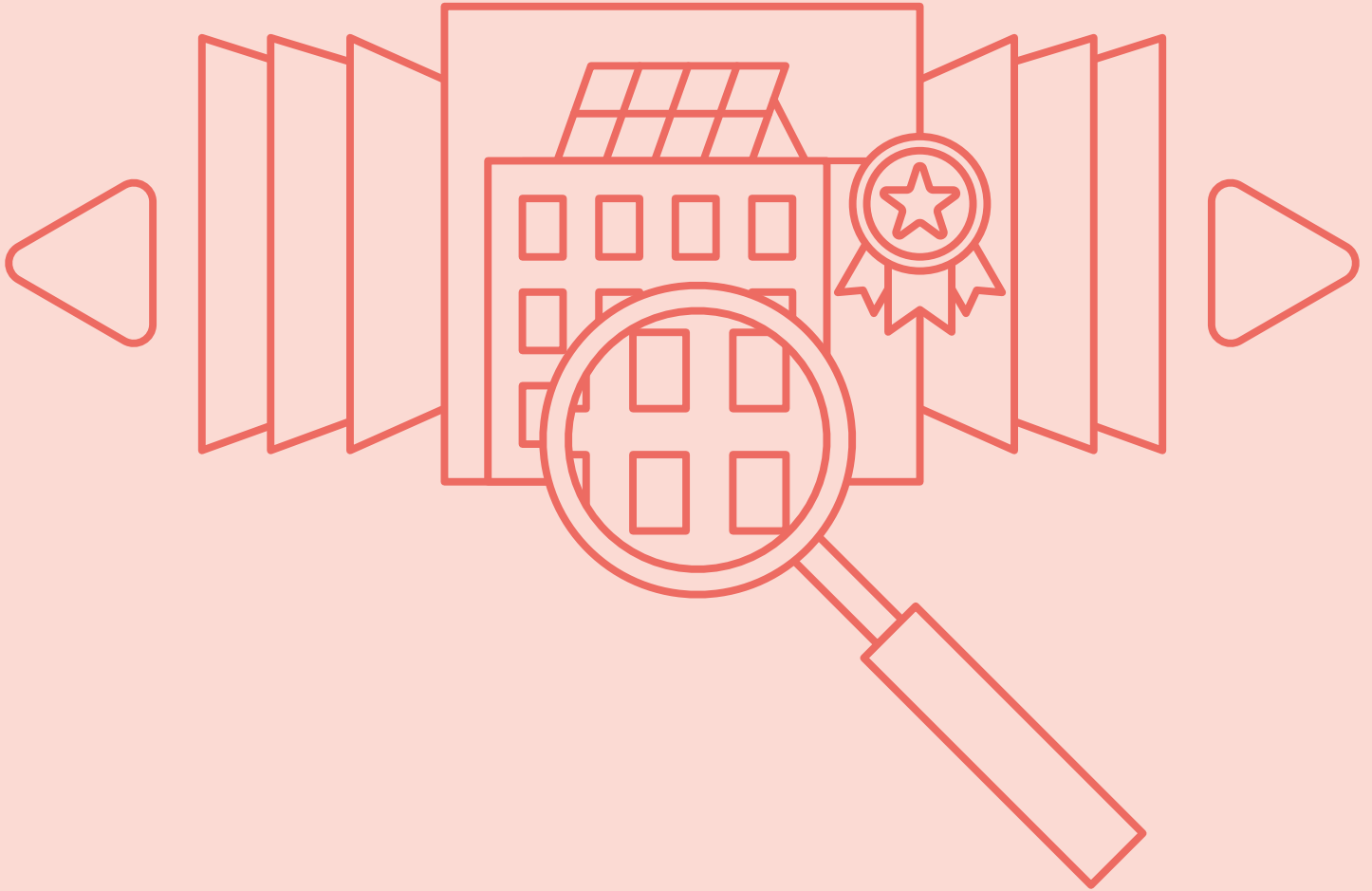
Die Tankstelle in Budapest, Ungarn, zeigt die Vereinbarkeit nachhaltiger Technologien: Fassadenbegrünung, extensive Dachbegrünung und Solartechnologie in Form eines innovativen PV-Baumes. Die Zweige mit integrierten PV-Modulen bieten insgesamt eine Fläche von 250 m², welche jährlich fast 31.000 kWh Strom erzeugen. Die Begrünungen werden mit Hilfe der Speicherung von Regenwasser in Zisternen versorgt. Die ursprüngliche Begrünung mit Sukkulenten an Fassade und Dach wurde durch eine Mischung aus Kräutern und Gräsern ersetzt und wirkt wie eine natürliche Blumenwiese.



Abbildung 64: Begrünte Tankstelle mit PV-Baum zur Stromerzeugung in Ungarn

4

Referenzbeispiele



4.1 Photovoltaik



Abbildung 65: Giraffenanlage Schönbrunn

Tiergarten Schönbrunn – Giraffenanlage

Art des Projektes	Restaurierung
Standort	Tiergarten Schönbrunn, 1130 Wien
Projekt-/Planungsbeginn	Jänner 2015
Fertigstellungsjahr	April 2017
Errichtungskosten	7.000.000 Euro netto
Nutzung des Gebäudes	Giraffenanlage
Verwendete Technologie/n	Bauwerkintegrierte Photovoltaik-Paneele (Glas-Glas-Modul mit monokristallinen Dünnschicht-Zellen; 16,02 kWp und aufgeständerte monokristalline PV-Module; 4,05 kWp) & Solarwärme-Anlage auf dem Laubengang (14 m ² , 10 kW)
Gesamtleistung Photovoltaik	Insgesamt 20 kWp produzieren 18.000–20.000 kWh Strom pro Jahr
Fläche der Solarpaneele	Ca. 237 m ² bauwerkintegrierte Photovoltaik-Paneele, ca. 24,4 m ² Photovoltaik-Paneele auf Flachdach
Projektpartner/Teams	Burghauptmannschaft Österreich, Arch. Dipl.-Ing. Peter Hartmann

Die Integration von Photovoltaik in Verbundsicherheitsglas-Technologie lässt bei diesem Projekt eine einmalige, multifunktionelle Energiesparsymbiose entstehen. Das historische Giraffenhaus wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Bundesdenkmalamt in seiner ursprünglichen Form restauriert. Gemeinsam mit dem neuen Wintergarten stehen den Giraffen nun große Innenanlagen zur Verfügung. Das Wintergartendach wird durch eine nach oben zunehmende Verästelung aus Stahl getragen. Eine feingliedrige Dachkonstruktion trägt die Photovoltaik-bestückten

Dachverglasungen. Die Photovoltaik-Module sind unregelmäßig in die Glasflächen eingebaut, sodass ein „blättdachartiges“ Licht- und Schattenspiel entsteht. Mit großflächigen, auch zum Teil öffnbaren Fassadenverglasungen entsteht ein lichtdurchflutetes zusätzliches Giraffen-Innengehege. Durch die verbauten Photovoltaik-Anlagen und Solaranlagen wird der Energiehaushalt des Tiergartens entscheidend verbessert. Der gesamte Stromverbrauch der Anlage kann durch die Photovoltaik-Anlagen selbst erzeugt werden.



Abbildung 66: PV-Schwinge Rauris

PV-Schwinge Rauris

Standort	Rauris/Wörth, Österreich
Fertigstellungsjahr	März 2014
Errichtungskosten	155.000 Euro netto + 20 % Mwst.
Eigentumsverhältnisse	Land Salzburg
Nutzung des Gebäudes	Informations- und interaktives Besucherzentrum der Salzburger Nationalparkverwaltung Hohe Tauern
Verwendete Technologie/n	Photovoltaik-Module: Ertex Solartechnik, VSG, Wechselrichter: SMA Tripower 7000TL, Elektrische Verbindungen: HUBER+SUHNER
Gesamtleistung Photovoltaik	Insgesamt 7,1 kWp produzieren 5,5 kWh Strom pro Jahr
Typ	4-seitig linienförmig gelagerte Überkopfverglasung (gegen Abheben sind die Gläser 2-seitig linienförmig und punktförmig gehalten) VSG-Serie
Fläche der Solarpaneele	78,1 m ² Modulfläche
Architektur	Büro Dialer Architekten

Das Besucherzentrum Könige der Lüfte in Rauris wird als Informations- und interaktives Ausstellungsgebäude der Salzburger Nationalparkverwaltung Hohe Tauern inmitten hochalpiner Landschaft geführt. Das Ausstellungsgebäude wurde 2008 als Niedrigenergiehaus fertiggestellt. 2010 begannen die Planungen für die Überdachung des Zugangs- und Sammelplatzes, um das Gebäude mit einer integrierten Photovoltaik-Anlage energieautark werden zu lassen. Das geschwungene Vordach des Hauses Könige der Lüfte wurde mit integrierter Photovoltaik aus

Verbund sicherheitsgläsern bedeckt. Bei der Projektierung der PV-Schwinge Rauris wurde ein ganzheitliches Planungskonzept verfolgt, eine Kombination innovativer Konstruktion und effizienter Solartechnologie. Die PV-Anlage besitzt eine Modulfläche von ca. 78 m² und eine elektrische Leistung von ca. 7 kWp.



Abbildung 67: Boutiquehotel Stadthalle

Boutiquehotel Stadthalle

Art des Projektes	Renovierung & Neubau
Adresse	1150 Wien
Fertigstellungsjahr	2009
Eigentumsverhältnisse	Privat
Nutzung des Gebäudes	Privat/Hotel
Art der Begrünung/Verwendete Pflanzen	Mehrjährige Staudenarten
Verwendete Technologie/n	Living Wall, Bodenfeuchtesensoren/Photovoltaik-Module, Solarwärme-Anlage
Bewässerungssystem	Etagengeführte Tröpfchenbewässerung mit Speichervlies und Anstauhorizont
Fläche der Begrünung	120 m²
Projektpartner/Teams (Ansprechpartner)	Dachgrün GmbH/Boutiquehotel Stadthalle

Der Vertikalgarten an der Außenfassade ist sowohl ein Gewinn für die hauseigenen Gäste, die direkt vom Fensterbrett frische Erdbeeren naschen können, als auch für die Anrainerinnen und Anrainer.

Zwischen den Geschoßen werden die Grünabschnitte jeweils mit einem horizontalen Metallband (Brandabschottung) zum Brandschutz abgetrennt. Die Steuerung der etagengeführten Tröpfchenbewässerung erfolgt ausschließlich über 10 Bodensensoren mit Bodenfeuchtemesspunkt und getrennter Temperaturmessung. Bei der verwendeten Technologie handelt es sich um ein vorgehängtes, fassadengebundenes

Begrünungssystem (hinterlüftet und gedämmt), 10 cm Alu-Pflanzwannen in Kaskadenbauweise mit mineralischer Substratfüllung, Speichervlies und Anstauhorizont. Es handelt sich um einen mehrschichtigen Aufbau gemäß ÖNORM L 1131. Als Pflanzsubstrat wurde ein Tonbruch-Gemisch mit organischem Anteil und weiteren Zuschlagstoffen gewählt. Die ausgesuchten Pflanzen sind mehrjährige Staudenarten wie Storchschnabel (*Geranium sp.*), Purpurglöckchen (*Heuchera sp.*), Lavendel (*Lavandula sp.*), Walderdbeeren (*Fragaria vesca*).



Abbildung 68: Erich-Kästner-Schule

Erich-Kästner-Schule

Art des Projektes	Renovierung
Adresse	40764 Langenfeld, Deutschland
Fertigstellungsjahr	2010
Eigentumsverhältnisse	Öffentlich
Nutzung des Gebäudes	Öffentlich
Art der Begrünung/Verwendete Pflanzen	Extensiv/Sedum
Verwendete Technologie/n	Photovoltaik-Module
Bewässerungssystem	Keines
Fläche der Begrünung	600 m²
Projektpartner/Teams (Ansprechpartner)	Optigrün international AG

Die Erich-Kästner-Schule in Langenfeld, Deutschland, ließ auf dem Dach eine günstige Kombination von einer Dachbegrünung mit einer Photovoltaik-Anlage errichten. Das System ist durchdringungsfrei und auflastgehalten umgesetzt. Die Photovoltaik-Module wurden in einer Höhe aufgeständert, die eine Verschattung vermeidet. Auch unter den Modulen ist ein Pflanzenwuchs möglich. Die Pflege dieses Gründachs ist

aufgrund der Pflanzenartenwahl als leicht einzustufen. Um die Sicherheit des Systems garantieren zu können, wurde die Anlage in einem Windkanal getestet.



Abbildung 69 + 70 + 71: Opernhaus Zürich

Opernhaus Zürich

Art des Projektes	Sanierung
Adresse	Zürich – Oerlikon
Projekt-/Planungsbeginn	2016
Fertigstellungsjahr	2019
Errichtungskosten	17 Millionen Schweizer Franken
Eigentumsverhältnisse	Öffentlich
Nutzung des Gebäudes	Öffentlich
Exposition/Beschattung	Ost-West
Art der Begrünung/Verwendete Pflanzen	Extensiv/heimisch + Sedum
Verwendete Technologie/n	Photovoltaik
Bewässerungssystem	Keines
Fläche der Begrünung	7.700 m ²
Fläche der Solarpaneele	2.660 Solarmodule
Leistung	Gesamt: 825 kWp (310 Wp/Modul)
Projektpartner/Teams (Ansprechpartner)	Solarspar

Bei diesem Projekt sollten Lebensräume für möglichst viele Tier- und Pflanzenarten geschaffen werden. Um eine möglichst hohe Biodiversität zu erreichen, wurden spezielle Grüninseln neben den Solarmodulen und der flächigen extensiven Begrünung errichtet. Biodiversitätsbausteine wie Asthaufen aus Totholz oder ungewaschene Sandhügel können von Wildbienen, Sandwespen und anderen wertvollen Insektenarten als Nistplatz verwendet werden.

Innovativ bei diesem Projekt ist der Einsatz von einem speziell entwickelten Mähroboter-Prototyp. Dieser Pilotversuch zielt darauf ab, die längerfristigen

Unterhaltskosten auf Gründächern zu reduzieren. Die Unterkonstruktion der Solarpaneele wurde leicht angepasst, um dem Mähroboter die Durchfahrt zu erleichtern. Die Anordnung der Module fand in einer Schmetterlings-/V-Form statt. Damit setzte Solarspar die neuesten Erkenntnisse für begrünte Solardächer um. Der Großteil des Regenwassers sammelt sich am tiefsten Punkt der Paneele und wird dort über ein Vlies verteilt, um das Pflanzenwachstum unter den Paneelen zu fördern.



Abbildung 72: Forschungsdach

Forschungsanlage auf der Seniorenresidenz Eichgut

Art des Projektes	Forschung
Adresse	8400 Winterthur, Schweiz
Projekt-/Planungsbeginn	2012
Fertigstellungsjahr	2017
Pflege & Instandhaltung	1-3 x/Jahr
Eigentumsverhältnisse	Öffentlich
Nutzung des Gebäudes	Seniorenresidenz
Exposition/Beschattung	Ost/West
Art der Begrünung/Verwendete Pflanzen	Extensiv/silberblättrige Pflanzen (Sonnenröschen, Thymian)/weißer Kies
Verwendete Technologie/n	Bi-faziale Solarzellen (Spezialmodule)
Anlagenleistung	10,8 kWp
Projektpartner/Teams (Ansprechpartner)	Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW) und Solarspar

Ziel dieses Forschungsprojektes ist es, optimale Bedingungen für die Biodiversität, den Regenwasserrückhalt und die Solarstromerzeugung zu finden. Dafür wurden spezielle Module entwickelt. Sie bestehen aus bi-fazialen Solarzellen, welche auch auf der Rückseite durch Sonneneinstrahlung Strom produzieren können. Daher ist es möglich, diese Module vertikal auf einer Unterkonstruktion aufzuständern. So steht die Dachfläche größtenteils für eine extensive Begrünung mit silberblättrigen Pflanzen, gemischt mit weißem Zierkies, zur Verfügung. Das bewirkt wiederum eine Reflexion der Sonneneinstrahlung und führt so

durch einen erhöhten Albedoeffekt zu einer Leistungssteigerung der Module um 16 %. Die senkrechte Aufständigkeit bei einer Ost-West-Ausrichtung bewirkt maximale Erträge am frühen Morgen und am Nachmittag, daher ist keine Zwischenspeicherung notwendig. Weiters gibt es eine deutliche Reduzierung der Probleme mit Pflanzen und Ertragsverlusten durch Beschattung. Die höheren Windlastanforderungen werden durch Erhöhung der Schichtdicke der Vegetationstragschicht auf 15 cm erfüllt. Gleichzeitig werden 80 % des jährlichen Niederschlags rückgehalten und der Klimaeffekt der Dachfläche optimiert.



Abbildung 73 + 74: Hybridaufbau

Hybridanlage

Art des Projektes	Renovierung
Adresse	1190 Wien
Projekt-/Planungsbeginn	2015
Fertigstellungsjahr	2015
Pflege & Instandhaltung	1 x pro Jahr
Eigentumsverhältnisse	Privat
Nutzung des Gebäudes	Privat
Art der Begrünung/Verwendete Pflanzen	Extensiv/Sedum
Verwendete Technologie/n	Hybridkollektoren (Solarwärme und Photovoltaik)
Leistung	2,12 kWp elektrisch, 10 kW thermisch
Fläche der Solarpaneele	13,6 m ²
Projektpartner/Teams (Ansprechpartner)	3F SOLAR (Alexander Friedrich)

Bei diesem Projekt handelt es sich um eine extensive Dachbegrünung auf einem Flachdach in Kombination mit Solarkollektoren. Die Unterkonstruktion und Aufständering wird aufgrund von Wind- bzw. Soglasten mit Betonsteinen/Betonstreifen (zusätzliche Unterlagsmatten schützen die Bitumendeckung) als Beschwerung versehen. Zur späteren Vermeidung von Verschattungen durch die Bepflanzung muss die gesamte Höhe der Vegetationstragschicht sowie die Pflanzenhöhe bei der Festlegung der Unterkantenhöhe des Solarmoduls berücksichtigt werden (roter Pfeil). Die bereits isolierten (thermischen) Leitungen sind mit dem

Schüttmaterial (Substrat) überdeckt. Anschließend kann die Bepflanzung durchgeführt werden, welche entweder mit Sedum-Sprossen, Flach- und Kleinballenstauden oder mit Sedum-Matten begrünt werden kann. Für den Bereich unter den Kollektoren können Schattengewächse und Pflanzen, die Trockenheit vertragen, gesetzt werden. Der Kunde führt einmal jährlich Pflege- und Wartungsmaßnahmen hinsichtlich des Pflanzenwachstums aus und reinigt die Gläser der Solarkollektoren. Hinweis/Erfahrungen: Abstimmung beim Aufbau der Anlage zwischen den Gewerken ist besonders relevant.

4.2 Solarwärme



Abbildung 75: Volksschule Hallwang

Volksschule Hallwang

Art des Projektes	Neubau
Standort	Hallwang, Salzburg
Fertigstellungsjahr	2017
Eigentumsverhältnisse	Gemeinde Hallwang
Nutzung des Gebäudes	Volksschule und Jugendtreff
Verwendete Technologie/n	Thermische Solarkollektoren, Wärmepumpe monovalent (Sole/Wasser), Adsorptionskälteanlage, Bauteilaktivierung, Photovoltaik-Anlage mit 20,5 kWpeak
Gesamtleistung Solarwärme	200 kW
Fläche der Solarkollektoren	280 m ²

Die öffentliche Volksschule in Hallwang (Salzburg) ist die erste österreichweit, die völlig CO₂-frei mit Solarwärme, Photovoltaik und Wärmepumpe versorgt wird. Die Wärme wird über Bauteilaktivierung an die Klassenräume verteilt. Die Kollektoren sind an der Fassade angebracht, um die Wintersonne besser zu nutzen. 80 % des Wärmebedarfs

werden mit einer 280 m² Solarwärme-Anlage gedeckt. Insgesamt spart das Gebäude jährlich 120.000 kWh und 30 Tonnen CO₂. 2019 wurde die Schule mit dem Österreichischen Staatspreis für Architektur und Nachhaltigkeit ausgezeichnet.



Abbildung 76: Wohnmanufaktur Kröll.Winkel

Wohnmanufaktur Kröll.Winkel

Art des Projektes	Neubau
Standort	Taxenbach, Salzburg
Fertigstellungsjahr	2016
Eigentumsverhältnisse	Wohnmanufaktur Kröll.Winkel
Nutzung des Gebäudes	Büro, Werkstatt, Schauraum
Verwendete Technologie/n	Thermische Solarkollektoren, Bauteilaktivierung, Wärmepumpe, Photovoltaik-Anlage mit 50 kWpeak, Erdflächenkollektor
Gesamtleistung Solarwärme	74 kW
Fläche der Solarkollektoren	105 m²

Die Tischlerei in Taxenbach (Salzburg) stellt Möbel aus Holz her sowie Interieur aus Holz, Stein, Glas, Stahl und Stoffen. Die Betriebs- und Produktionsgebäude werden über Betonkernaktivierung zu 80 % solar beheizt. Zusätzlich wird eine Lackierungskammer über ein Heizregister mit Solarwärme versorgt. Die 105 m²-Kollektoren sind in die Fassade integriert, um die Wintersonne besser zu nutzen. Die Restenergie liefert eine 24 kW Sole-/Wasser-Wärmepumpe, deren Erdkollektor

im Sommer für die passive Kühlung von Ober- und Untergeschoß des Gebäudes genutzt wird. Das Gebäude spart jährlich 55.000 kWh und 15 Tonnen CO₂.



Abbildung 77: Mehrfamilienhaus Mariahilfer Straße 182

Mehrfamilienhaus Mariahilfer Straße 182

Art des Projektes	Sanierung
Standort	Wien
Fertigstellungsjahr	2018
Nutzung des Gebäudes	Wohnraum
Verwendete Technologie/n	Thermische Solarkollektoren, zentrale Gasheizung
Fläche der Solarkollektoren	88 m²

Das Mehrfamilienhaus in der Mariahilfer Straße 182 in Wien war nach einer Gasexplosion im Jahr 2014 ein Trümmerhaufen und musste von Grund auf saniert werden. Unter der Regie von Trimmel Wall Architekten wurde der Kern des Hauses neu gestaltet und die Fassade originalgetreu wiederhergestellt. Zusätzlich wurde das Haus um einen Dachgeschoßausbau im Passivhausstandard erweitert. Das Haus hat eine Wohnnutzfläche von 2.360 m² und beherbergt 20 Altbau- und 9 Dachgeschoßwohnungen. Die

Heizung wurde von dezentralen Gasthermen auf eine zentrale Gasheizung im Keller umgestellt, die jederzeit auf Fernwärme umgerüstet werden kann. Der 150 kW Gasbrennwertkessel versorgt die Fußbodenheizung (70 kW) und die Lüftungsanlage (10 kW). Zwei 922 Liter Pufferspeicher unterstützen die Heizung und die Solaranlage. Eine Solarwärme-Anlage mit einer Kollektorfläche von 30 ist auf der flach geneigten, innenhofseitigen Dachfläche aufgestellt und liefert Energie für die Warmwasserbereitung.



Abbildung 78: Betonwerk HABAU

Betonwerk HABAU Hoch- und Tiefbau GmbH

Art des Projektes	Neubau
Standort	Perg, Oberösterreich
Fertigstellungsjahr	2014
Eigentumsverhältnisse	HABAU GmbH
Nutzung des Gebäudes	Betonteilefertigung
Verwendete Technologie/n	Thermische Solarkollektoren, Bauteilaktivierung
Gesamtleistung Solarwärme	980 kW
Fläche der Solarkollektoren	1.400 m²

Das Betonwerk in Perg (OÖ) erzeugt in vier Hallen Betonfertigteile. Mit der 1.400 m² großen Solaranlage werden die 7.700 m² Produktionshallen über die Betonkernaktivierung im Fundament das ganze Jahr vollsolar beheizt. Ein ehemaliger Gastank mit 80.000 Litern wird als Pufferspeicher verwendet. Von April bis Oktober wird die gewonnene Solarenergie auch zur Heizung der Schalungen für die Hohldeckeldeckenproduktion und

für die Trockenkammern in der neuen Umlaufanlage genutzt. Damit ist eine optimale ganzjährige Nutzung der Solaranlage gewährleistet. Das Unternehmen spart sich damit 50.000 m³ Erdgas pro Jahr und vermeidet 190 Tonnen CO₂-Emissionen.



Abbildung 79: Fernwärme Wien

Fernwärme Wien

Art des Projektes	Neubau
Standort	Wien
Fertigstellungsjahr	2018
Eigentumsverhältnisse	Wien Energie GmbH
Nutzung des Gebäudes	Vorwärmung der Nachfüllstation im Fernwärmenetz
Verwendete Technologie/n	Thermische Solarkollektoren
Gesamtleistung Solarwärme	459 kW
Fläche der Solarkollektoren	656 m²

Die Wien Energie GmbH dient der Vorwärmung des Netzspeisewassers für das Wiener Fernwärmenetz. Errichtet wurde die Anlage auf dem 70 m hohen Dach eines Kesselhauses am Kraftwerksgelände Simmering. Die 656 m² große Solarwärme-Anlage liefert mit über 700 kWh/m² einen rekordverdächtig hohen Solarertrag und spart jährlich 70.000 m³ Erdgas.

5

Planerische Leitlinien

Eine fachübergreifende und gründliche Planung ist notwendig, um den langfristigen effizienten Betrieb von Solaranlagen bzw. Solaranlagen, die mit Bauwerksbegrünung kombiniert werden, zu gewährleisten. Die nachfolgenden Hinweise sollen einen einfachen Zugang zum Fachgebiet ermöglichen und so holistische Planungsansätze sowohl im Neubau als auch im Bestand erleichtern. Eine Abstimmung zwischen Planungs-, Ausführungs- und Wartungsdisziplinen der beiden Branchen (Energie und Begrünung) ist für den Erfolg eines solchen Projekts wesentlich. Eine gemeinsame Herangehensweise wird daher dringlich empfohlen.

Voraussetzungen für die Errichtung von Photovoltaik- und Solaranlagen

Bei einer sichtbaren Montage oder einer wesentlichen Änderung von Photovoltaik- und Solaranlagen ändert sich der ästhetische Gesamtcharakter des Gebäudes. Die gestalterische Einheitlichkeit soll bei Fassaden und Dachlandschaften dennoch erhalten bleiben. Daher sind folgende Ziele aus stadtgestalterischer Sicht einzuhalten:

- Die Montage von Photovoltaik- und Solaranlagen auf zum Hofbereich oder den eigenen Garten gerichteten Fassaden und Dachflächen muss bevorzugt werden.
- Photovoltaik- und Solaranlagen sollen am Dach möglichst dachparallel eingebaut werden.
- Sichtbare Kabel- oder Schlauchführungen müssen vermieden werden.
- Es müssen ein oder mehrere rechteckige Felder (d.h. möglichst keine L-, T-, U- oder C-Formen) angestrebt werden.
- Es sollen entweder mindestens 50 cm Randabstand bzw. 50 cm Abstand zu Dach- einbauten eingehalten werden oder ganze Dachflächen lückenlos rechteckig ohne Randabstand (mit Ausnahme von Regenrinne und Saumblech) belegt werden.
- Eine Überragung der Dachkanten muss vermieden werden.
- Bei Flachdächern mit geneigten Modulen ist ein Randabstand der doppelten (senkrecht gemessenen) Modulhöhe vorteilhaft.
- Die Angleichung der Photovoltaik- und Solaranlagen in Proportion und Maßstab an die vorhandenen architektonischen Gegebenheiten des Gebäudes ist jedenfalls grundlegend, bei Fassadenmontagen in der Regel sogar unumgänglich.

5.1 Hinweise zur Kombination von Solartechnologie und Bauwerksbegrünung

Die Kombination von Solartechnologie und Bauwerksbegrünung bei Neubauprojekten erlaubt ein effizientes Ergebnis, indem beide Technologien von Anfang an miteinander geplant und Hand in Hand ausgeführt werden. Im Zuge der Sanierung können aber ebenfalls Anpassungsmaßnahmen getroffen werden (z.B. Dämmung der obersten Geschoßdecke), die ein zukünftiges Solar-Gründach erlauben. Grundvoraussetzung dabei ist natürlich eine passende Statik. Bei der nachträglichen Installation von Solartechnologien von bestehenden Dach- und Fassadenbegrünungen oder nachträglichen Begrünungen auf bestehenden Solardächern/-fassaden ist Vorsicht geboten. Expertinnen und Experten beider Branchen müssen dabei eng zusammenarbeiten, damit beide Technologien in ihren Ansprüchen aufeinander abgestimmt werden. In der Dachbegrünung geht es dabei zumeist um sinnvoll bemessene Abstände und einen passenden Schichtaufbau, welcher einen ungestörten und gleichmäßigen Wasserhaushalt sicherstellt. Bei Dachbegrünungen können im Zuge der Errichtung für die nachträgliche Installation von Solartechnologien entsprechende Unterkonstruktionen bereits vorgesehen werden.

Faustregeln für die Fehlervermeidung bei der Kombination von Solartechnologie mit Bauwerksbegrünung⁸

- Abstand der Begrünung zu sensiblen Bauteilen, Kabelführungen, Verteil- und Sammelleitungen ist ausreichend zu dimensionieren, dabei sind die Hinweise für vegetationsfreie Streifen gem. ÖNORM L 1131 zu beachten.
- Verschattung ist strengstens zu vermeiden (Leistungsminderung), geringere Anforderungen bei Solarwärme-Anlagen
- Dauerhafte Verschmutzung der Solarmodule vermeiden, z.B. durch Laubfall
- Fachgerechte Pflege und Wartung der Begrünungen gewährleisten
- Wahl der richtigen Begrünungsart (reduziert-extensiv, extensiv, semi-intensiv, intensiv)

Der Substrataufbau der extensiven Begrünung darf nicht zu hoch sein, da Pflanzen über die Module wachsen können und diese verschatten. Mehr Substrat bedeutet mehr Wuchsleistung der Pflanzen und eine veränderte Artenzusammensetzung. Daher werden extensive Begrünungsformen für die Kombination mit Solartechnologie bei geringen Abständen empfohlen. Der Begrünungsaufbau muss an die gewünschte Vegetation angepasst werden (siehe ÖNORM L 1131 für Dachbegrünungen). Nach der Fertigstellungspflege der Begrünung beschränkt sich die laufende Pflege der Pflanzen

⁸ Quelle: Pfoser N. (2018): Vertikale Begrünung. Fachbibliothek Grün. Eugen Ulmer KG. Stuttgart.

unter den Modulen auf ein- bis zwei Mal pro Jahr. Empfehlenswert ist es, Pflanzen zu wählen, die wenig Biomasse produzieren und keinen hohen Bedarf an Düngung und Rückschnitt haben. Ausgenommen davon ist die Kombination intensiver Dachbegrünung mit größeren Abständen, z.B. in Form von Pergolen, da hier ausreichend Platzangebot für viele Pflanzenarten, z.B. auch Gemüsesorten oder Gehölze, herrscht. Der Pflegeaufwand intensiver Dachbegrünungen ist mit dem eines Gartens zu vergleichen.

Fachgerechte Planung und Ausführung sind im Neubau als auch in der Bestandssanierung für die Kombinationen der Anordnung der Flächennutzung für Solartechnologie und Begrünung wichtig. Häufig kommt es vor, dass bei der ersten Planung beide Systeme zwar angedacht und gewünscht sind, aber aus kostentechnischen Gründen die Umsetzung erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgt. Dies ist bei vorheriger Errichtung der Begrünung problemlos möglich, erfordert jedoch eine dementsprechende Vorbereitung des Gründachaufbaus für die Solartechnologie. Die Synergieeffekte, entsprechende Kombinationsmöglichkeiten und Anbringungsarten von Solartechnologie und Bauwerksbegrünung werden in Kapitel 3 erklärt.

Im Bestand können bestehende Solaranlagen oder Bauwerksbegrünungen prinzipiell nachträglich mit der jeweils anderen Technologie ausgerüstet werden. Bei der schrittweisen Errichtung sind notwendige Vorkehrungen einzuhalten, die nachfolgend beschrieben werden.

Beachtenswertes für die nachträgliche Installation von Solartechnologie auf Gründächern

Nach dem Motto „Vorsorge ist besser als Nachsorge“ kann bereits beim Aufbau der Begrünung die Unterkonstruktion für die Solartechnologie eingebaut werden. Dadurch können PV-Module auch zu einem späteren Zeitpunkt installiert werden. Auflastgehaltene Unterkonstruktionen mit integrierter PV-Montagevorrichtung sind hierfür geeignet. Dabei sind die bereits einsetzbaren auflastgehaltenen Unterkonstruktionen mit integrierter Montagevorrichtung für die Solaranlage, verbunden mit der Drainage- und Speicherebene der Gründachhersteller, zu verwenden (siehe Kapitel 3). Somit können nachträgliche Schäden an der dann bereits bestehenden Vegetation und eventuellen anderen Schichten vermieden werden.

Bei der Wahl der Begrünung muss eine spätere Solarwärme- bzw. Photovoltaik-Anlage berücksichtigt werden. Durch die richtige Wahl und Dimensionierung des Substrataufbaus kann die Vegetationsgesellschaft beeinflusst werden und damit auch die Pflanzenwuchshöhe. Teils tritt das Problem von verschattenden Pflanzen auf, weil der Substrataufbau ursprünglich (zu hoch) und für eine andere Vegetationsgesellschaft ausgerichtet war. Eine weitere Fehlerquelle betrifft die Zerstörung des gleichmäßigen



Abbildung 80: Negative Auswirkungen durch Bepflanzung auf die nachträglich angebrachte Solartechnik

Regenwasserhaushalts des Gründaches durch eine überbaute Solaranlage ohne Abstände und einhergehende Modifikation des Gründachunterbaus. Dadurch kommt es im Traufenbereich der Module zu einer Vernässung, welche eine Änderung in der Vegetationszusammensetzung hervorruft. Die unter der Solaranlage befindliche Begrünung ist von der Wasserversorgung abgeschnitten und dörft aus. Ein vorhandenes Gründach ist jedenfalls auf seine Eignung zur Integration von Solartechnologie zu prüfen und gegebenenfalls baulich zu adaptieren, in dem Fall muss der Unterbau des Gründaches abgestimmt auf die Solaranlage verändert werden, um eine gleichmäßige Wasserverteilung sicherzustellen. Dies kann z.B. durch das Einbringen von Wasserverteilstreifen und Speicherelementen erfolgen.

Falls ein zu hohes Pflanzenwachstum bereits Probleme in Ertrag und Pflege bereitet, da Abstände nicht eingehalten werden und der Regenwasserhaushalt gestört ist, kann notfalls mit gelochten Streckmetallen und anderen durchlässigen Metallprofilen mit feiner Bürstenausformung nachgearbeitet werden. Obwohl die Wuchshöhe eingeschränkt wird, sind die Pflanzen weiterhin mit Wasser und Licht versorgt. Dabei handelt es sich jedoch um eine Notlösung für Bestandsanlagen, deren ordnungsgemäßer Umbau sich als nicht wirtschaftlich erweist.

Bei einem bestehenden Gründach mit einem nicht vorbereiteten und daher unpassenden Unterbau muss die Einbringung der Solartechnologie stets mit Vorsicht und unter Einbeziehung von Expertinnen und Experten beider Bereiche geplant werden.

Wenn die Solaranlage nur mit einem Abstand < 20 cm zur Substratoberkante oder gar bündig umgesetzt werden muss, ist eine teilweise oder vollständige Entfernung des Gründaches notwendig. Dies entspricht jedoch häufig nicht den Vorgaben der Stadt, da ein Gründach zumeist vorgeschrieben wurde und dementsprechend zu erhalten ist. Der stellenweise oder vollflächige Umbau der Begrünung mit passendem Untergrund und einer Aufstellung von > 20 cm Abstand zwischen Paneel und Gründachsubstrat stellt die sinnvolle und auch zu bevorzugende Alternative dar, weil die volle Funktion des Gründaches gewährleistet ist. Dabei sind die auflastgehaltene Unterkonstruktionen, verbunden mit der Drainage- und Speicherebene der Gründachhersteller, zu verwenden.

Solartechnologie mit nachträglicher Begrünung

Wenn vorerst nur eine Solartechnologie-Anlage realisiert wird, muss darauf geachtet werden, dass der Abstand der Module zum Untergrund ausreichend groß ist. Sonst kann es zu einer Verschattung durch eine zukünftige, nachträglich eingebaute Vegetation kommen. Der Vegetation muss ein gewisser Platz gegeben werden, damit sie gedeihen kann. Bei der Kombination von Solartechnologie und Begrünung sollte der Mindestabstand zwischen der Substratoberfläche und den Paneelen daher mindestens 20 cm betragen. Eine Aufstellung der Solartechnologie nach Ost-West, die einen einfachen Pflegezugriff unter den Modulen ermöglicht, ist zu bevorzugen.



Abbildung 81: Negativbeispiel Efeu ohne Trennleiste neben PV-Anlage

Die korrekte Pflanzenartenauswahl ist entscheidend

Auf die Wahl der Zielvegetationsgesellschaften (Pflanzenartenzusammensetzung) muss bei jedem Begrünungsvorhaben geachtet werden, da Pflanzenarten unterschiedliche Bedingungen benötigen, um wachsen zu können. Selbstklimmende Kletterpflanzen werden beispielsweise mit Rankhilfen keinen Erfolg haben, hingegen brauchen Schlinger, Winder, Ranker und Klimmer unbedingt passende Rankhilfen (siehe Kapitel 2). Der Boden beziehungsweise das Pflanzgefäß muss mit dem richtigen Substrat und ausreichend Volumen ausgestattet sein, um die Pflanzen ausreichend versorgen zu können. Erde gilt nicht als Substrat und bietet auf Dauer zu wenig Nährstoffe.

Bei der Kombination mit Solartechnologie müssen komplexe Voraussetzungen beachtet werden: Beispielsweise sollten lichtfliehende Kletterpflanzen nur mit Vorsicht mit Solartechnologie in der Fassade kombiniert werden. Diese Pflanzen bilden Triebe aus, die in beschattete Bereiche wachsen und diese durch ihr Dickenwachstum anschließend sprengen können. Bei solchen Fällen ist mit erheblichen Schadbildern zu rechnen. Falls die Kombination von lichtfliehenden Pflanzen und Solartechnologie gewählt wurde, müssen unbedingt Trennleisten installiert werden, um eine unkontrollierte Ausbreitung der Pflanzen zu verhindern.

Planungshilfe zur Ausführung von Begrünung und Solartechnologie

Um die Kühlung der Module und das Pflanzenwachstum zu optimieren, muss ein bestimmter Abstand zwischen der Vegetationsschicht und dem Modul eingehalten werden. 20 bis 60 cm sind dabei der Mindestabstand, abhängig von System, Neigung und Windlast. Hier muss besonders auf die Windlast geachtet werden, wenn dadurch die Module mit größerem Abstand bzw. steiler positioniert werden.

Bei einer Ost-West-Ausrichtung der Module kann der Abstand zwischen den Modulen bis zu 0,5 mm klein sein, damit keine Pflanzen zwischen den Modulen wachsen können. Wasser kann jedoch durch den kleinen Spalt immer noch abfließen.

Lasten ausreichend dimensionieren und berechnen

Bei Schrägdächern ist das zusätzliche Gewicht der Solartechnologie meistens kein Problem. Bei Flachdächern hingegen ist häufig nicht genügend statische Reserve vorhanden. Im Zweifel sollte daher immer eine Statikerin bzw. ein Statiker mit der Überprüfung beauftragt werden. Mit Hilfe der Klima-, Wind- und Schneelastzonen (entsprechende Karten geben Auskunft) lässt sich ermitteln, wie stark Schneelasten,

Windsog und Winddruck auf die Solartechnologie einwirken. Die Aufgabe der Monteurin bzw. des Monteurs ist es, nachzuweisen und schriftlich zu bestätigen, dass Module, Montagesystem und Befestigungselemente den örtlichen Bedingungen entsprechen und ausreichend dimensioniert sind.

Da sowohl die Solartechnik als auch die Begrünung zusätzliches Gewicht für das Dach bedeuten, sollten Solargründächer in direkter Kombination mit der leichten, extensiven Begrünung ausgeführt werden (eine Ausnahme bilden die Dachgärten). Gleichzeitig wird mit extensiver Begrünung sichergestellt, dass die Paneele durch höhere Vegetation nicht verschattet werden. Denn je höher der Substrataufbau, desto vielfältigere und auch höher wachsende Pflanzen können gedeihen. Die verwendeten Substrate können für die notwendige Auflasthaltung vorausberechnet und gegebenenfalls angepasst werden (geringe Aufbauhöhe bei höherem Gewicht durch höheres spezifisches Gewicht der verwendeten Gerüstkörnung, höherer Aufbau bei geringerem Gewicht durch Anpassung leichter Zuschlagstoffe). Die Lastannahme eines Solargründachs beginnt ab 120 kg/m² (siehe Kapitel 2).

Vorkehrungen zur Sicherheit am Dach

Bereits vor Baubeginn, aber auch für die spätere Wartung des Gebäudes, muss die geforderte Dachsicherheit gewährleistet sein. Die Sicherungsmöglichkeiten bei Dacharbeiten sind vielfältig: Diese reichen von Geländern bis hin zu Einzelanschlagpunkten oder auch Seilführungsschienen. Diese müssen auf die jeweils auszuführenden Arbeiten abgestimmt sein und Absturzsicherungen und sicheren Auf- und Abstieg berücksichtigen. Die Absturzsicherungen sind nach ÖNORM L 1131 auszuführen und müssen den Auflagen der ÖNORM B 3417 und der OIB-Richtlinie 4 entsprechen. Persönliche Schutzausrüstung (z.B. Seilsicherung mit Sicherheitsgeschirr) muss zum Anbringen und Entfernen von Schutzeinrichtungen verwendet werden. Die AUVA bietet in der Sicherheitsinformation „Arbeiten auf Dächern“ entsprechende Sicherheitsvorkehrungen und Qualifikationen, die bei der Wartung der Anlage am Dach notwendig sein können. Bei beschädigten Solartechnikteilen kann es zu gefährlichen elektrischen Spannungen kommen. Daher sollte idealerweise eine professionelle Elektrikerin bzw. ein Elektriker zur Reparatur beauftragt werden und die Dachbegrünerin bzw. der Dachbegrüner rechtzeitig informiert werden (Gefahrenwarnung).

Extensive Dachbegrünungen sind nach erfolgter Anwuchs- und Entwicklungspflege im laufenden Betrieb einmal pro Jahr zu warten bzw. pflegen. Dabei wird unerwünschter Aufwuchs entfernt (Gehölze), die Wasserablaufeinrichtungen werden kontrolliert und Nährstoffe eingebracht.

Indirekte Blendung

In Einzelfällen kann es bei ungünstigen Bedingungen zu einer indirekten Blendung (Reflexion der Sonne) durch das Modul kommen. Wichtig ist die Ermittlung der Blendung bereits in der Planungsphase. Die ÖVE-Richtlinie R 11-3 gibt Mindestanforderungen zur Beurteilung der Blendung und zu möglichen Beeinflussungen der Nachbarschaft bzw. von Verkehrsträgern vor. Sie bietet damit eine Entscheidungshilfe dahingehend, wie Solartechnologie-Anlagen geplant oder beurteilt werden müssen.

Um Blendungen zu vermindern/vermeiden, können folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- Verschattung der Sichtachse zwischen den relevanten Modulen und dem Immissionsort zu den relevanten Blendzeiten
- Optimierung der Modultische/Aufständigung (z.B. Höhe, Querneigung, Ausrichtung)

Anlagen, von denen eine optische Störwirkung ausgehen kann, dürfen laut Luftfahrtgesetz (§ 94) nur mit einer Bewilligung der zuständigen Behörde errichtet werden. Ob die Sicherheit der Luftfahrt gefährdet ist, ist in jedem Fall gesondert zu beurteilen.

Inbetriebnahme und Wartung

Besonders bei einer Kombination von Photovoltaik-Anlagen mit einer Begrünung muss auf eine regelmäßige Inspektion geachtet werden. Eine visuelle Inspektion ist die erste Stufe. Bei Leistungseinbrüchen und anderen Problemen kann eine Modulinspektion mittels Infrarot-Thermographie oder Elektrolumineszenz vorhandene Probleme identifizieren.

Durch eine regelmäßige Reinigung, Schneeräumung und unter Umständen auch einen Grünschnitt kann der Energieertrag auf einem Maximum gehalten werden.

Schadensfälle

Schadensfälle, verursacht von Hagel, Schnee etc. müssen mit der jeweiligen Versicherungsgesellschaft abgeklärt werden. Es ist wichtig, bereits im Vorfeld abzuklären, welche Schadensfälle von der Versicherungsgesellschaft übernommen werden.

5.2 Einfluss von Gebäudetypologie, Nutzung und Eigentumsverhältnissen auf Bauwerksbegrünung

Die Typologie des Gebäudes spielt eine tragende Rolle bei den Nutzungsmöglichkeiten der verfügbaren Flächen. Es gilt, das Begrünungsziel zu hinterfragen: Welches Leistungsspektrum wird von einer Begrünung erwartet und wer sind die Nutzerinnen und Nutzer? Ist eine Mehrfachnutzung derselben Fläche möglich und welchen Mehrwert wird sie erbringen?

Ob die Bauweise z.B. offen, geschlossen oder gekuppelt ist, wirkt sich auf die verfügbaren Flächen und die grundsätzlichen Energieverhältnisse aus. Hier gilt es, detaillierte Nutzungs- und Ertragsziele für die verfügbare Fläche zu definieren, um daraus eine effiziente Gestaltung abzuleiten, die eine harmonische Mehrfachnutzung mit Mehrwert zulässt. Verschiedene Ausgestaltungsmöglichkeiten und Ansätze im Bereich der Gebäudehülle können dem vorangegangenen Kapitel 5.1 entnommen werden.

Die Nutzung des Gebäudes hat vor allem in der Erdgeschoßzone eine hohe Relevanz. Bei Gebäuden mit einer hohen Besucherinnen- und Besucherfrequenz, wie es beispielsweise im Einzelhandel der Fall ist, sollten Vorkehrungen getroffen werden, um Schäden durch Vandalismus oder direkten mechanischen Kontakt zu vermeiden. So kann beispielsweise bei bodennahen Begrünungen mit einem Stammschutz der Pflanze gearbeitet werden. Bei Begrünungsanlagen ist zu beachten, dass sie nicht als Aufstiegshilfe ausgeführt sind. Es wird empfohlen, die Begrünungsanlage erst ab einer sicheren Höhe anzubringen.

Die Eigentumsverhältnisse spielen zudem ebenfalls eine große Rolle. Sie variieren zwischen z.B. Einfamilienhäusern und mehrgeschoßigen Wohnbauten in der Zugangsweise stark. In der Planungsphase müssen die Eigentumsverhältnisse abgeklärt werden. Weiters muss eine klare Aufgabenverteilung und Zuständigkeit für die Pflege und Wartung sowohl der Begrünung wie auch der Solartechnik festgelegt werden. Es empfiehlt sich, den Verrechnungsschlüssel und die Modalitäten für Pflege- und Wartungsarbeiten vor der Umsetzung festzulegen. Wird bspw. nur die bzw. der jeweils direkt Begünstigte oder die Hausallgemeinheit verpflichtet?

Da die Bauwerksbegrünungen und Solartechnologien mit erhöhten Kosten verbunden sind, handelt es sich um Maßnahmen einer außerordentlichen Verwaltung. Genehmigungen der anderen Eigentümerinnen und Eigentümer sind einzuholen. Bei Wohnungseigentum müssen mindestens 51 % der Wohnungsanteile zustimmen. Bei schlichtem Miteigentum müssen es 100 % sein, wobei das Gericht die Zustimmung ersetzen kann. Es muss jedenfalls einen schriftlichen Beschluss geben. Im jeweiligen Einzelfall kann eine Klärung der Sachlage durch eine Rechtsexpertin bzw. einen Rechtsexperten Klarheit schaffen.

5.3 Systembeispiel für die Kombination von Solartechnologie und Begrünung

Am Markt gibt es seit ca. zehn Jahren verfügbare Kombinationslösungen von Begrünungen und Solartechnologien, die von internationalen Systemherstellungsunternehmen angeboten werden und im Betrieb gut erprobt sind. Die Unterschiede bei Aufständern, Modultragprofilen, Neigungswinkeln und Abständen liegen im Detail. Es ist zu erwarten, dass es in Zukunft ein größeres Angebot an geprüften Systemaufbauten und Kombinationsvarianten geben wird. Die im Leitfaden integrierten Hinweise, Beispiele und Trends ermöglichen einen Ausblick und sollen auch zum freudvollen, gestaltenden Planen anregen.

Der nachfolgende Schemaaufbau gibt einen Überblick zu den Gemeinsamkeiten und der grundsätzlichen Funktionsweise:

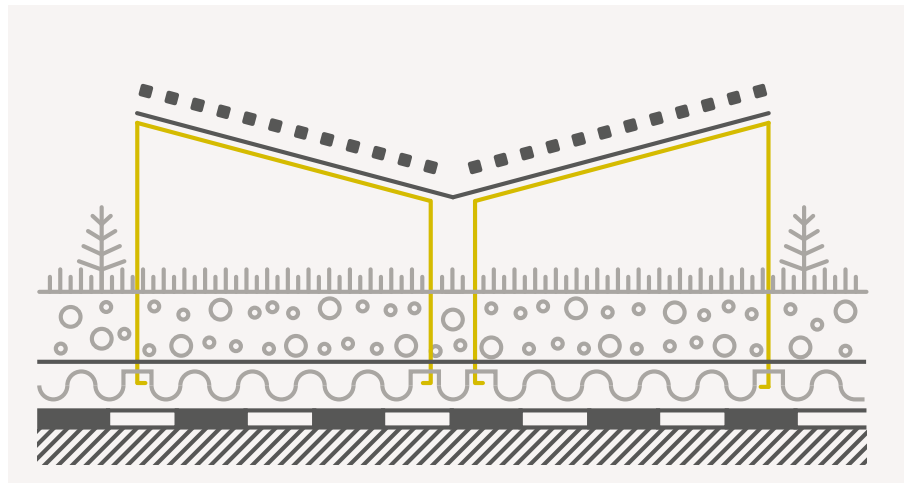


Abbildung 82: Systemaufbau Ost-West

Das System wird grundsätzlich durch die Auflast der extensiven Dachbegrünung gehalten. Dafür ist keine Dachdurchdringung notwendig. Die Modulaufständern sind mit dem Drain- und Wasserspeicherelement eines klassischen Gründachaufbaus verbunden. Dazu müssen nur noch die jeweiligen Solartechnologie-Module an die Aufständern angebracht werden. Der Windsog muss im Vorfeld berechnet werden und kann, wenn benötigt, durch eine höhere Substratschicht kompensiert werden.

5.4 Brandschutz

Das Thema vorbeugender Brandschutz ist sowohl bei der Installation von Solartechnologie als auch von Bauwerksbegrünung zu beachten. Im Folgenden werden die entsprechenden brandschutztechnischen Vorschriften für Photovoltaik-Anlagen, Solarwärme-Anlagen und Bauwerksbegrünung aufgelistet.

Brandschutz bei Photovoltaik-Anlagen

PV-Anlagen, die nicht ausreichend geplant, nicht akkurat verlegt, verbunden, verkabelt und gesichert sind, können die Entstehung von Bränden begünstigen. Im Umkehrschluss bedeutet dies aber, dass bei einer sachgemäßen Montage und einer regelmäßigen Wartung der Anlage in der Regel keine Brände zu befürchten sind. Ungeschützte Kabelführungen sind beispielsweise in jedem Fall zu vermeiden, da sie ein Sicherheitsrisiko darstellen.

Bei der Installation von Photovoltaik-Anlagen sind die Brandschutzbestimmungen genau zu prüfen. Es ist die bundesweite ÖVE-Richtlinie R 11-1: 2013-03-01 (PV-Anlagen – Zusätzliche Sicherheitsanforderungen; Teil 1: Anforderungen zum Schutz der Einsatzkräfte) einzuhalten, in der die Sicherheitsanforderungen für die Planung und die Errichtung von Photovoltaik-Anlagen definiert sind. Für PV-Freiflächenanlagen können die Anforderungen dieser Richtlinie sinngemäß angewendet werden. Standardmäßig sind folgende Auflagen vorgeschrieben:

- Für die PV-Anlage sind Übersichtspläne mit eingetragener Leitungsführung sowie mit allfälligen manuellen Betätigungseinrichtungen beim Vorhandensein von Schaltstellen jederzeit bereit und für die Feuerwehr zugänglich zu halten.
- Die genaue Lage der Photovoltaik-Module sowie deren Abstände zu Rauchfangkehrer-Stegen, Dachausstiegen, Lichtkuppeln und sonstigen Aufbauten ist zu dokumentieren und zugänglich aufzubewahren. Die Lage des PV-Wechselrichters ist eindeutig anzugeben.
- Steht ein Gebäude mit einer Photovoltaik-Anlage in Brand, muss die Feuerwehr vor Beginn der Löscharbeiten das Haus stromfrei schalten.
- Beim Einsatz von gebäudeintegrierter Photovoltaik ist zu beachten, dass diese der brandschutztechnischen Klassifizierung nach EN 13501-1 entspricht.
- Das Schutzziel kann durch technische oder bauliche Maßnahmen erfüllt werden, die durch entsprechende organisatorische Maßnahmen ergänzt werden:

Technische Maßnahmen:

- Abschalt- und Kurzschluss-Einrichtungen in der Nähe der PV-Module

Bauliche Maßnahmen:

- Frei zugängliche und sichtbare DC-Leitungsführung
- Feuerwiderstandsdauer von 30 Minuten (Dach)
- Leitungsverlegung außerhalb von gefährdeten Bereichen
- Gefahrloser Zugang zu Modulen für Einsatzkräfte (z.B. Freistreifen etc.)

Welche Maßnahmen tatsächlich vorzusehen sind, hängt von der zuständigen Gutachterin bzw. dem zuständigen Gutachter ab (bei anzeige- bzw. genehmigungspflichtigen Anlagen).

Der bauliche Brandschutz ist im Normalfall in den einzelnen Landesbauordnungen geregelt. Die gesamten brandschutztechnischen Anforderungen zur Errichtung von Photovoltaik-Anlagen auf/an Gebäuden in Wien sind als Merkblatt abrufbar unter

<https://www.wien.gv.at/wohnen/baupolizei/>

Die brandschutztechnischen Anforderungen zur Errichtung einer Begrünung in Wien sind im Fassadenbegrünungsleitfaden der Stadt Wien abrufbar unter

<https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/fassadenbegrueung-leitfaden.pdf>

Brandschutz bei Solarwärme-Anlagen

Brände, verursacht von Solarkollektoren, sind grundsätzlich nur bei Kollektoren mit Holzrahmen möglich. Alle bisher bekannten Brandfälle betrafen mangelhaft gebaute Indachkollektoren, wobei hierbei die Kollektoroberfläche in die Dachfläche eingefügt ist. Die Solarkollektoren werden nicht auf der Dacheindeckung montiert, sondern ersetzen diese. Bis 2017 waren in Deutschland nur etwa zwei Dutzend Brände bekannt, von denen die Hälfte durch mangelhafte Kollektoren eines bestimmten Herstellerunternehmens (mittlerweile insolvent) verursacht wurde.

Normalerweise ist eine Selbstentzündung von Holz durch eine Solaranlage nicht möglich, da die Stillstandstemperatur von Flachkollektoren an der heißesten Stelle (Mitte Absorberblech) bei rund 200 Grad Celsius liegt, Holz sich jedoch erst bei einer Temperatur von ca. 280 Grad Celsius selbst entzündet. Wird Holz jedoch wiederkehrend und dauerhaft auf Temperaturen zwischen 120 und 280 Grad Celsius erwärmt, sinkt die Zündtemperatur schrittweise und kann auf unter 120 Grad Celsius fallen („thermische Aufbereitung“ verursacht eine Holzgewichtsreduktion). Die Ursache bisheriger Schadensfälle war nicht der zeitweise sommerliche Stillstand der Anlage, sondern eine ungewöhnlich lange Stillstandsperiode durch Funktionsdefekt (Undichtheit, Druckverlust etc.) oder eine starke Überdimensionierung der Anlage und der direkte Kontakt von Holz mit heißen Anlagenteilen. Stehen diese durch Konstruktions- und Ausführungsmängel bei defekten bzw. überdimensionierten, permanent überhitzten Anlagen

in direktem Kontakt, kann es zur thermischen Aufbereitung von Holz und im äußersten Fall zur Selbstentzündung kommen.

Der Verband Austria Solar hat das Thema der Minimierung von Brandgefahr bei Kollektoren in die Richtlinien des Austria Solar Gütesiegels aufgenommen. Die Montageanleitungen der Kollektoren müssen künftig Hinweise enthalten, wie Schäden durch Überhitzung vermieden werden. Im Dachbereich muss bei der Rohrleitungsführung darauf geachtet werden, nicht gedämmte Teile der Solarleitung keinesfalls mit Holzwerkstoffen in Berührung zu bringen. Bei Indachkollektoren ist eine Hinterlüftung nach ÖNORM B 4119 sicherzustellen.

Brandschutz bei Fassadenbegrünung

Aktuelle bauphysikalische Entwicklungen von begrünten Fassaden wurden von der Stadt Wien, Prüf-, Inspektions- und Zertifizierungsstelle, anhand von praktischen Versuchen von Kletterpflanzenbegrünungen mit und ohne Rankhilfe geprüft. Die Ergebnisse zeigten praktisch keine seitliche Brandweiterleitung, auch nicht flammennah unmittelbar neben der Brandkammer. Sekundärbrandgefahr durch abfallende brennende Teile ist nicht gegeben. Vertikale Brandweiterleitung über hölzerne Wurzeln ist ebenfalls nicht beobachtbar. Jedoch ist eine vertikale Brandweiterleitung durch kurzzeitige „Durchzündung“ (wenige Sekunden) möglich.

Daraus ergeben sich bei Gebäuden bis zur Gebäudeklasse 3 keine speziellen Brandschutzmaßnahmen. Nachweisfrei sind daher Begrünungen bis maximal drei Geschoße. Ab Gebäudeklasse 4 müssen zusätzliche Maßnahmen gegen die Brandweiterleitung und das Herabfallen brennender Teile gesetzt werden. Geprüft wird hierbei nach ÖNORM B 3800-5.

Es ergeben sich daher nachfolgende grundsätzliche Planungshinweise:

- Es muss ein Mindestabstand zur brennbaren Dachkonstruktion von 1 m vertikal freigehalten werden.
- Schutzabstände zu Öffnungen (Fenster) müssen vertikal 1 m betragen, horizontal 0,2 m.
- Die Zugänglichkeit für Rettungsgeräte der Feuerwehr muss gegeben sein.

Als weitere Maßnahmen sind geschoßweise Abschottungen aus Stahlblech möglich, siehe nachfolgende Darstellung:

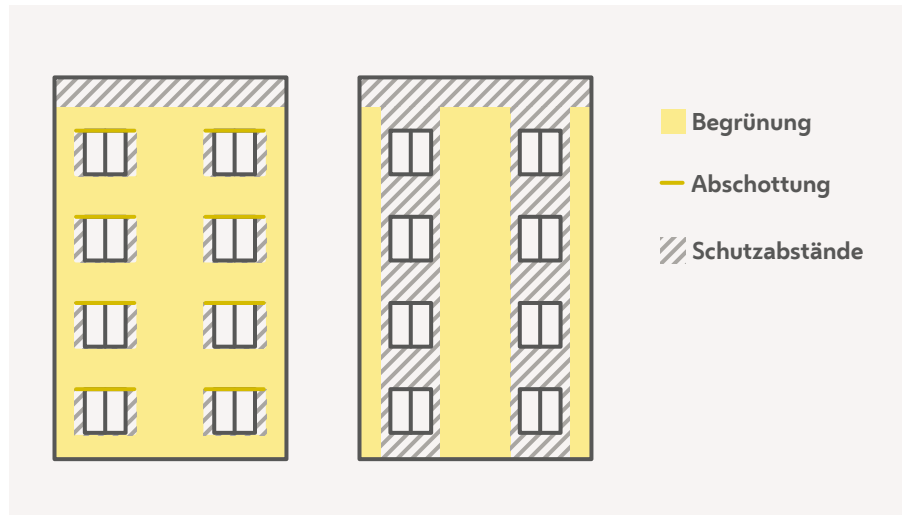


Abbildung 83: Brandschutzbestimmungen bei Fassadenbegrünungen

Solche Abschlottungen können z.B. in Living Walls integriert werden oder als fensteroberseitige Brandsperren ausgeführt werden.

Brandschutz bei Dachbegrünung

Jegliche Arten der normgerechten intensiven als auch extensiven Dachbegrünungen mit Sedum-Moos-Kraut-Vegetation sind laut FLL-Richtlinie 2018, ÖNORM L 1131 und der internationalen Handhabung bei fachgerechter Planung, Ausführung und Pflege als harte Bedachung einzustufen. Sie gelten als widerstandsfähig gegen Flugfeuer und strahlende Wärme und werden in gängigen Prüfverfahren als BROOF(t1) klassifiziert. Grundsätzlich sind laut ÖNORM L 1131 für Dachbegrünungen die Anforderungen der ÖNORM EN 13501-1 und ÖNORM EN 13501-5 bzw. der einschlägigen örtlichen Vorschriften bereits in der Planungsphase zu berücksichtigen.

Für extensive Dachbegrünungen gilt:

- Mineralisch bestimmte Vegetationsschicht mit max. 20 % (Massenanteil) organischer Bestandteile
- Schichtstärke der Vegetationstragschicht ≥ 3 cm

Bei An- und Abschlüssen ist ein etwa 30 cm bis 50 cm breiter vegetationsfreier Streifen als Abstand zur Vegetationsfläche auszubilden (richtet sich nach der Anordnung und Größe der Begrünung). Bei Intensivbegrünungen mit Gehölzen kann dieser Streifen die zusätzliche Funktion des vorbeugenden Brandschutzes übernehmen. Dieser Streifen

kann mit Kies, aber auch mit anderen geeigneten Baustoffen (z.B. Plattenbelägen, Gitterrosten etc.) hergestellt werden.

Darüber hinaus sind in der Bauphase und während der Nutzung allgemeine Regeln des vorbeugenden Brandschutzes zu beachten, wie z.B.:

- Ein achtsamer Umgang mit offenem Feuer und anderen Hitzequellen in den Phasen Bau und Betrieb
- Nutzungsänderungen, durch die die Klassifikation als „Harte Bedachung“ nicht mehr zutreffen würde, sind durch entsprechende Maßnahmen zu kompensieren
- Die Erhaltung des definierten Zustands „Harte Bedachung“ durch entsprechende Pflege und Wartung
- Keine Bekämpfung unerwünschter Vegetation mittels Hitzegegeräten

Einer Kombination mit Solaranlagen steht dementsprechend von Seiten des Brandschutzes keinerlei Hindernis im Weg, da die Dachbegrünung als „Harte Bedachung“ einzustufen ist.

5.5 Planungshilfen und Tools aus den unterschiedlichen Fachbereichen

Die folgenden Hilfestellungen, wie u.a. Richtlinien und Leitfäden, dienen der fachgerechten Ausführung und helfen, Fehler zu vermeiden.

Regelwerke und Richtlinien für Bauwerksbegrünung

Die ÖNORM L 1131, „Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken: Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung“, erläutert zulässige, anerkannte Bauweisen von Dachbegrünungen und die Anwendung von Baustoffen und Vegetationsgruppen sowie deren fachgerechte Pflege.

Weitere Regelwerke und Richtlinien:

- ÖNORM B 2241 – Gartengestaltung und Grünflächenbau
- ÖNORM L 1040 – Pflanzen – Vegetationstechnische Arbeiten
- ÖNORM L 1041 – Erhaltungspflege
- ÖNORM L 1110 – Pflanzen – Güteanforderungen, Anzuchtformen und Sortierungsbestimmungen
- ÖNORM L 1131 Beiblatt Solargründach, Verband für Bauwerksbegrünung FA 2 (2019)
- LBH LG58 (Musterleistungstexte Dachbegrünung)
- Dachbegrünungsleitfaden der Stadt Wien (voraussichtlich 2021)

- ÖNORM B 3417 – Planung und Ausführung von Sicherheitsausstattung auf Dächern
- Fassadenbegrünungsleitfaden der Stadt Wien (2020)
- OIB-Richtlinie 2: Brandschutz (2019)
- ÖNORM B 3806 – Anforderungen auf Brandverhalten von Bauprodukten und Baustoffen
- FLL-Fassadenbegrünungsrichtlinie (2018) DE
- FLL-Richtlinie Dachbegrünung (2018) DE
- Sia SN 564 312 Dachbegrünung (2013) CH
- ÖNORM L 1136 – Vertikalbegrünung im Außenraum (beschreibt Planung, Ausführung und Pflege sowie Anforderungen für unterschiedliche Bereiche der Vertikalbegrünung)

Fassadenbegrünungen haben unterschiedliche Umsetzungsformen, welche im Leitfaden der Stadt Wien für Fassadenbegrünung (2020) und in der ÖNORM L 1136 (2021) in ihren Anforderungen, bis hin zur Zertifizierung geregelt werden.

Regelwerke und Richtlinien im Speziellen zum Photovoltaik-System:

- ÖNORM EN 62446 – Mindestanforderung für Systemdokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und Prüfkriterien
- ÖNORM E 8101, im speziellen Teil 7-712 (Photovoltaische Anlagen: Errichtungsbestimmungen für elektrische Anlagen/Räume und Anlagen besonderer Art)
- ÖNORM M 7778 Montageplanung und Montage von therm. Solarkollektoren und PV-Modulen
- ÖNORM EN 1991-1-3 Schneelast mit nationalem Anhang
- ÖNORM EN 1991-1-4 Windlast mit nationalem Anhang
- ÖNORM EN 62305 Blitzschutz
- ÖVE-Richtlinie R 6-2-1 Blitz und Überspannungsschutz
- ÖVE-Richtlinie R 6-2-2 Anwendungsgrundsätze an Überspannungsschutzgeräten
- ÖVE-Richtlinie R 11-1 PV-Anlagen – Zusätzliche Sicherheitsanforderungen
Teil 1: Anforderungen zum Schutz von Einsatzkräften
- ÖVE-Richtlinie R 11-3 Beurteilung von Lichtemissionen
- ÖVE-Richtlinie R 20 Sicherheitsanforderungen für stationäre elektrische Energiespeichersysteme
- TOR Erzeuger
- TAEV

Empfohlene Tools und Kontaktstellen:

- Der durch das Innovationslabor für die grüne Stadt GRÜNSTATGRAU zur freien Nutzung angebotene Greening Check stellt eine erste Machbarkeitsanalyse für Bestands- und Neubauobjekte bereit.

- Beispielprojekte, Expertinnen und Experten und zertifizierte Produkte sind in der Datenbank von GRÜNSTATTGRAU frei zugänglich.
- Bei speziellen Fragen zur Technik, für qualitätsgesicherte und geförderte Erstberatungen bis hin zu Abnahmen und Gutachten stehen der Verband für Bauwerksbegrünung Österreich und das Innovationslabor GRÜNSTATTGRAU als Anlaufstelle zur Verfügung.

Kataster zu Potenzialflächen für Solartechnologien und Begrünungen

Wien erstreckt sich über eine Gesamtfläche von 415 km². Die Dachfläche beträgt derzeit 53 km² und allein davon sind 34 km² für den Einsatz von Solartechnologien sehr gut bis gut geeignet. Eine erste Einschätzung über die Möglichkeiten zur solaren Energienutzung gibt der Solarpotenzialkataster der Stadt Wien. Hier kann anhand einer Karte geprüft werden, ob das Dach des Gebäudes für die solare Energienutzung geeignet ist. Der Gründachpotenzialkataster liefert eine Abschätzung über die Eignung der Dachflächen für eine Dachbegrünung.

Link zum Solarpotenzialkataster:

<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/geodaten/solar/>

Photovoltaik-Anlage selbst vorplanen – Sonnenklar-Rechner

Der Sonnenklar-Rechner ist ein kostenloses Online-Programm, mit dessen Hilfe interessierte Bürgerinnen und Bürger durch die Eingabe weniger Parameter die optimale Systemauslegung für ihre Photovoltaik-Anlage ermitteln können. Gemessen wird der Optimierungsgrad des Systems an der Eigenverbrauchsrate, sprich dem Prozentsatz an erzeugtem Photovoltaik-Strom, der direkt im Haus verbraucht wird. Der Sonnenklar-Rechner ersetzt dabei keinesfalls eine professionelle Planung durch einen Installationsbetrieb.

Hier geht es zum Sonnenklar-Rechner: **www.pvaustria.at/sonnenklar_rechner**
Maßgebliche Normen im PV-Bereich finden sich zusammengefasst unter **www.pvaustria.at/normen**

Simulationsprogramme Photovoltaik

Für die professionelle Auslegung sind mehrere Programme am Markt. Programme, die in der Praxis oft genutzt werden, sind zum Beispiel:

- PV*SOL
- PVSites
- PVsyst

Diese Programme sind kostenpflichtig, können aber von Schülerinnen bzw. Schülern und Studierenden oft kostenlos installiert werden.

SHW – Simulationsprogramm für Solarwärme-Anlagen

Die Universität Innsbruck hat ein Simulationstool für Solarwärme-Anlagen entwickelt, das nicht nur Studierenden in der Lehre und Forschung, sondern auch Fachleuten und interessierten Laien bei der Auslegung von Solarwärme-Anlagen zur Verfügung steht. Das Programm ist kostenlos und kann auf der Homepage der Universität heruntergeladen werden. Nachdem man ein einfaches Formular ausgefüllt hat, bekommt man einen Downloadlink für die Software. Die professionelle Planung einer Solarwärme-Anlage wird dabei nicht ersetzt. Hier geht es zum Simulationsprogramm:

<https://www.uibk.ac.at/bauphysik/forschung/shw.html>

Sonnenstrom verkaufen

Nicht direkt genutzter Sonnenstrom kann an ein Energieversorgungsunternehmen verkauft werden. Die E-Control als staatlicher Regulator bietet eine unabhängige Übersicht zum geeignetsten Energieversorgungsunternehmen. Diese gibt es unter

www.e-control.at/konsumenten/service-und-beratung/toolbox/tarifkalkulator

5.6 Pflegehinweise für Solartechnik und Bauwerksbegrünung

Damit die Begrünung und die Solartechnik über die gesamte Lebensdauer und darüber hinaus einwandfrei funktionieren, sind Pflege und Wartung notwendig. Aus wirtschaftlicher Sicht lohnt es sich, beide Systeme (Solartechnik und Begrünung) gleichzeitig zu warten. Dieser Zugang spart Zeit, Geld, Emissionen und verringert den Störungsgrad der Flora und Fauna.

Pflegehinweise zur Instandhaltung der Begrünung

Anwuchs- und Entwicklungspflege sind Teil einer Ausschreibung und es ist sicherzustellen, dass auch die laufende Pflege durch einen Profi beauftragt wird. Denn: Bekommt eine Begrünung in den ersten beiden Vegetationsperioden eine Pflege, welche den voll funktionalen Zustand herstellt, reduzieren sich die weiteren laufenden Pflegeaufwände stark.

In der Bauwerksbegrünung wird zwischen drei Teilbereichen der Pflege unterschieden, welche im Detail in der ÖNORM L 1131 festgelegt sind:

- Fertigstellungspflege (bis zur Übernahme)
- Entwicklungspflege (bis zur Schlussfeststellung)
- Erhaltungspflege

Ziel der Pflege im Zeitraum der **Fertigstellungs- und Entwicklungspflege** ist das Erreichen des ökologischen Gleichgewichts und eines abnahmefähigen Deckungsgrades der Vegetation. Sie wird in der Regel über zwei Vegetationsperioden angesetzt und kann je nach Objekt und Begrünungsform unterschiedliche Detailschritte beinhalten, welche nachfolgend exemplarisch gelistet sind:

- Düngung
- Entfernung von unerwünschtem Fremdaufwuchs
- Nacharbeiten von Kahlstellen
- Schnitt
- Nachpflanzung/Nachsaat
- Kontrolle der Dachabläufe und Freihalten von vegetationslosen Bereichen

Die Erhaltungspflege beschränkt sich nach der Durchführung der Fertigstellungs- und Entwicklungspflege bei extensiven Dachbegrünungen auf einen Pflegedurchgang pro Jahr. Bei Intensivbegrünungen bestimmen die Nutzung des Daches und die ausgebrachten Vegetationsgesellschaften das Pflegeintervall. Zumeist verfügen diese zusätzlich über eine Bewässerungsanlage, welche zu warten ist.

Für Solargründächer gilt zusätzlich

- Die notwendigen Verkabelungen müssen so ausgeführt werden, dass bei der Wartung und Pflege die Verwendung von Pflegegeräten (Motorsense, Heckschere, Mähroboter usw.) möglichst einfach ist.
- Im Zuge der Fertigstellungs- und Entwicklungspflege muss generell ein Begrünungsgrad der Zielvegetation von über 80 % erreicht werden, ein Begrünungsgrad von 100 % ist anzustreben.
- Aus brandschutztechnischer Sicht ist die Zielvegetation zu erhalten und unerwünschter Fremdaufwuchs zu vermeiden.

Der Einsatz von chemischen Mitteln im Zuge der Pflege (Biozide, Herbizide, Fungizide etc.) ist nicht normgerecht, die Verwendung von Torf im Bereich der Bauwerksbegrünung ebenfalls. Invasive Pflanzenarten sind sofort nach den gültigen Vorgaben zu entfernen.

Für Fassadenbegrünungen gilt

Die Pflege von Fassadenbegrünungen gliedert sich ebenfalls in die oben angeführten Phasen: Fertigstellungspflege, Entwicklungspflege und Erhaltungspflege. Die Pflegeintervalle von Kletterpflanzenbegrünungen und Living Walls können durchaus je nach System, Standort und Zugänglichkeit unterschiedlich ausfallen. Bei Kletterpflanzenbegrünungen mit Rankhilfen sind diese regelmäßig zu kontrollieren. Für die Pflege von Fassadenbegrünungen ist ebenfalls eine hohe Fach- und Sachkunde erforderlich. In dieser Pflege sind folgende Maßnahmen enthalten:

- Vitalitätskontrolle
- Rückschnitt
- Gegebenenfalls Leiten von Pflanzen
- Entfernung von Fremdaufwuchs
- Depotdüngung
- Nachpflanzung beziehungsweise Austausch abgestorbener Pflanzen
- Kontrolle der Bewässerungsanlage (ggf. der automatischen Düngemittelanlage bzw. Sensorik)
- Sichtkontrolle der Bausubstanz

Für die Kombination mit Solartechnologie an der Fassade gilt

Die Wuchshöhe/-breite muss an die Module angepasst werden, sodass diese nicht verschattet werden. Falls manche Pflanzen zu nahe an ein Modul wachsen, müssen diese entweder zurückgeschnitten oder an einen anderen Standort versetzt werden. Bei selbstklimmenden Kletterpflanzen hilft eine Überwuchssperre, um eine klare Trennung zwischen den Flächen sicherzustellen.

Wartung, Monitoring und Reinigung von Solarwärme- und PV-Anlagen

Solarwärme- sowie PV-Anlagen sind recht wartungsarm. Dennoch muss die Anlage zu Beginn der sonnigen Zeit im Frühling einer professionellen Begutachtung unterzogen werden. Auf diese Weise können kleinere Fehlfunktionen schnell entdeckt und behoben werden. Starke Winde, Schneemassen oder Eis können die Anlage im Winter beschädigen bzw. verunreinigen, dies lässt sich bei einer Begehung leicht feststellen. Durch eine regelmäßige Wartung kann zudem sichergestellt werden, dass die Anlage einen möglichst hohen Ertrag erzielt. Die Wartung muss durch einen Fachbetrieb durchgeführt werden, da nur dieser über das notwendige Fachwissen und eine geeignete Ausrüstung verfügt. So kann die eigene Sicherheit gewährleistet werden.

Ein gutes und laufendes Monitoring der Anlage ist ebenfalls empfehlenswert. Viele Hersteller von Solarwärme-Anlagen bieten mittlerweile Solarregler bzw. Anlagen, die über einen integrierten Wärmehähler ausgestattet sind, an. So ist eine genaue Ertragskontrolle möglich. Für PV-Anlagen gibt es ebenfalls automatische Überwachungssysteme. Auf Grund der Belastungen durch äußere Einflüsse wird ein Prüfungsintervall von nicht länger als drei Jahren empfohlen. Weitere Angaben hinsichtlich Wartung und Prüfintervalle können durch Herstellerangaben und Anlagenehmigungsbescheide gegeben sein. Gemäß ÖNORM B 1300 (2012) Objektsicherheitsprüfungen für Wohngebäude tragen die Eigentümerinnen bzw. Eigentümer von Wohngebäuden die Verantwortung für die Sicherheit und Gesundheit in ihren Gebäuden. Sie haben aus diesem Grund dafür Sorge zu tragen, dass von ihrem Eigentum keine Gefahr für die Sicherheit von Personen oder deren Eigentum ausgeht.

Vor allem bei PV-Anlagen ist eine regelmäßige Reinigung notwendig, da sich Verunreinigungen, wie bspw. Blütenstaub, Blätter, Vogelkot, Rußablagerungen, Sandstaub, Moos und Flechten, festsetzen können und die Trübung der Oberfläche zu einem Ertragsverlust führen kann. Die Reinigungsfrequenz ist dabei ganz unterschiedlich und reicht von mehrmals pro Jahr bis zur Reinigung alle paar Jahre. Vor allem bei PV-Anlagen führen Verschmutzungen sehr rasch zu Ertragseinbußen. Für die Reinigung der PV-Anlage sollten in jedem Fall Fachleute herangezogen werden, die mit den Sicherheitsvorschriften vertraut sind. Denn durch eine unsachgemäße Reinigung der Anlage kann es zu einer Schädigung kommen und die Verletzungsgefahr steigt.

Bei PV-Anlagen ist auf die völlige und ständige Verschattungsfreiheit der Module zu achten. Hoch aufwachsende Pflanzen sind daher regelmäßig zu kürzen (siehe Kapitel 5.1).

5.7 10 Schritte zur Umsetzung der Solarenergie und Bauwerksbegrünung

Die 10 Schritte zur Gebäudebegrünung

0. Wenn eine Kombination mit Solartechnologie angedacht wird, muss dies als erster Schritt geplant werden, auch bei zeitversetzter Umsetzung.
1. Analyse der Machbarkeit für die beabsichtigte Begrünung im Neubau oder Bestand anhand Projektparameter, wie beispielsweise Fassaden- oder Dachkonstruktion, Begrünungsziel, Budget, Eigentümerinnen- und Eigentümersituation etc. Siehe Fassadenbegrünungsleitfaden der Stadt Wien:

<https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/fassadenbegrueunung-leitfaden.pdf>

2. Vor-Ort-Erstberatung durch eine qualifizierte Erstberaterin bzw. einen qualifizierten Erstberater für Bauwerksbegrünung durchführen lassen. Teil der Vor-Ort-Beratung ist ebenso die grundsätzliche Überprüfung von einschränkenden Parametern wie Restgehsteigbreite, Denkmalschutz, Organisatorisches, Richtpreise, Einverständniserklärung bei Mehrfacheigentum oder Statik (Hinweis: Diese Leistung wird in Wien gefördert und qualifizierte Erstberaterinnen und -berater werden durch das Innovationslabor GRÜNSTATTGRAU ausgezeichnet und vermittelt)
3. Genehmigungen (u.a. Stadtbildverträglichkeit MA 19, Bundesdenkmalamt, Brandschutz MA 37, Einbauten MA 28), Finanzierungslage und mögliche Förderungen schon im Vorfeld klären
4. Planung durch eine qualifizierte Planerin bzw. einen qualifizierten Planer beauftragen, Kostenschätzungen, Pflegekonzept und Zeitplan erstellen (Hinweis: Planerinnen und Planer und deren Projekte können in der GRÜNSTATTGRAU-Datenbank abgerufen werden)
5. Erforderliche Angebote für die Errichtung und Pflege durch Fachfirmen einholen (Hinweis: Ausführende Unternehmen, Systemherstellungsunternehmen und zertifizierte Produkte können in der GRÜNSTATTGRAU-Datenbank abgerufen werden)
6. Eventuelle Schnittstellen zur Einbindung von Solaranlagen abklären (siehe folgende Step-by-Step-Guides)
7. Erforderliche Genehmigungen einholen, eventuell erforderliche Gutachten einholen (Statik, Baubestand)
8. Beauftragung der errichtenden Unternehmen und Bauphase
9. Abnahme der Anlage und Übergabe in die Entwicklungs- und Fertigstellungspflege, Abholen der eingereichten Förderungen nach Rechnungslegung
10. Abnahme und Beauftragung der laufenden Pflege mittels Pflegekonzepts

Die 10 Schritte zur Solarwärme-Anlage

0. Wenn eine Kombination mit Bauwerksbegrünung angedacht wird, muss dies als erster Schritt geplant werden, auch bei zeitversetzter Umsetzung.
1. Prüfung der Grundlagen: Ist genug Dach- oder Fassadenfläche verfügbar? Stimmt die Dachausrichtung und -neigung? Ist genug Platz für einen Speicher? Kann die Solarleitung ordentlich verlegt werden?
2. Informieren: Solarinstallateurinnen bzw. -installateure sowie Planerinnen bzw. Planer in der Nähe suchen (Informationen dazu unter www.solarwaerme.at), kontaktieren, Angebote und Beratung einholen, optional auch Energieberatung hinzuziehen. Klärung von Fragen nach Größe und Funktion (nur Warmwasser oder auch Raumheizung?)
3. Finanzierung klären und über Fördermöglichkeiten informieren (siehe auch Kapitel 6 – Förderungen)

4. Eventuell Bauanzeige durchführen oder Baubewilligung einholen
5. Erstellung eines Montageplans, gemeinsam mit dem ausgewählten Installateursbetrieb
6. Installation der gesamten Solarwärme-Anlage (Kollektoren, Speicher, Leitung, Regler etc.)
7. Abnahme der Anlage: Anlage gut erklären lassen, damit die Nutzung jahrzehntelang reibungslos abläuft
8. Anpassung der Regelung: Die Regelung der Anlage an die individuellen Nutzungsgewohnheiten anpassen.
9. Monitoring der Solarwärme-Anlage im Alltag: Ein Wärmemengenzähler ist empfehlenswert, um die Anlage regelmäßig überprüfen zu können und sie auf Grundlage dessen zu optimieren.
10. Regelmäßige Wartung: Anlage alle drei Jahre von einer Fachkraft inspizieren und warten lassen

Die 10 Schritte zur Photovoltaik-Anlage

0. Wenn eine Kombination mit Bauwerksbegrünung angedacht wird, muss dies als erster Schritt geplant werden, auch bei zeitversetzter Umsetzung.
1. Abklärung grundsätzlicher Fragen wie verfügbare Fläche, Anlagendimension, Neigung, Orientierung zur Sonne, Dach- oder Fassadenintegration, Standort für den Wechselrichter, Leitungsführung
2. Mögliche Anlagenerrichterinnen bzw. -errichter sowie Planerinnen bzw. Planer kontaktieren und mehrere Angebote einholen, Vergleich der Angebote.
Die PV-Profi-Suche hilft dabei unter <https://www.pvaustria.at/pv-profi>
3. Finanzierung klären; Prüfung der Notwendigkeit einer Bauanzeige bzw. elektrizitätsrechtlichen Anzeige/-genehmigung
4. Klärung von möglichen Förderungen: Bei Inanspruchnahme einer Förderung unbedingt die vorgegebenen Fristen und Bedingungen zur Erlangung der Förderung beachten (ausführliche Informationen zu Förderungen in Kapitel 6).
5. Antrag auf die Zuteilung eines Zählpunktes beim Netzbetreiber stellen (mit Unterstützung durch die errichtende Firma)
6. Klärung des Zeitplanes mit der errichtenden Firma (entsprechende Zeitreserven einplanen!) und Auftragsvergabe für die Errichtung der PV-Anlage
7. Anlagenerrichtung und anschließende Erstellung des Prüfprotokolls durch einen konzessionierten Elektrotechnikbetrieb, der die Fertigstellung der Anlage dem Netzbetreiber meldet
8. Auswahl des Energieversorgers zur Energieabnahme und Unterzeichnung des Einspeisevertrags. Der Netzbetreiber tauscht den bestehenden Zähler gegen einen neuen Zähler.
9. Abrechnung des Projekts und finale Übermittlung an die Förderstelle
10. Regelmäßige Wartung und Reinigung der Anlage

6

Förderungen



Für die Errichtung von Solartechnologie sowie Bauwerksbegrünung gibt es finanzielle Unterstützung. Eine Übersicht der Förderungen ist im folgenden Kapitel zusammengestellt. Neben einer Landesförderung der Stadt Wien stehen alternativ auch Bundesförderungen zur Verfügung. Der nachträgliche Einbau von Photovoltaik- und Solaranlagen ist außerdem im Lohnsteuerausgleich als Sonderausgabe (Ausgaben zur Wohnraumsanierung) absetzbar.

6.1 Landesförderungen in Wien

Förderungen für Bauwerksbegrünung

In Wien sind Bauwerksbegrünungen als Teil des Stadtentwicklungsplans STEP 2025, des Fachkonzepts Grün- und Freiraum und im Stadt Wien Urban Heat Island Strategieplan UHI-STRAT verankert. Die MA 22 (Wiener Umweltschutzabteilung) fördert Bauwerksbegrünungen auch in Kombination mit Solartechnologieanlagen für Private zur Steigerung der Lebensqualität, Biodiversität und eines gesunden Stadtklimas.

- Es muss eine Baubewilligung oder ein statisches Gutachten für den Förderantrag vorliegen. Das Vorhaben darf nicht durch andere Förderungen unterstützt werden. Es kann sowohl ein Neubau als auch eine Sanierung sein. Bei einer Sanierung muss es sich um eine Umwandlung von einem nicht begrünten zu einem begrünten Dach handeln. Falls eine Begrünung im Bebauungsplan vorgeschrieben ist, kann nur eine über die Vorgabe hinausgehende Substrathöhe gefördert werden. Förderungsfähig sind nur qualitätsgesicherte Bauweisen gemäß ÖNORM L 1131 und bis zu einer maximalen Förderhöhe von 20.000 Euro, wobei auch Beratungsleistungen zusätzlich förderbar sind. Die Dachabdichtung muss Asbest- und PVC-frei sein.
- Straßenseitige Fassaden werden mit maximal 5.000 Euro gefördert, Innenhofbegrünungen mit maximal 3.000 Euro. Dazu müssen die Einverständniserklärungen der Eigentümerinnen bzw. Eigentümer der Liegenschaft vorliegen. Das Gebäude muss eine geschlossene Bauweise haben. In den letzten fünf Jahren dürfen keine Förderungen für Fassadenbegrünungen in Anspruch genommen worden sein. Die begrünte Fassade muss mindestens 15 Jahre erhalten werden. Verboten ist die Verwendung von Torf und PVC.

Im Rahmen des Ökobusinessplanes werden im Modul Firmengrün qualitätsgesicherte und unabhängige Beratungsmaßnahmen zu Bauwerksbegrünungsvorhaben für Betriebe (auch Hausverwaltungen) gefördert.

Die jeweils aktuellen Förderungen rund um Bauwerksbegrünung in Österreich sind hier zugänglich:

<https://gruenstattgrau.at/foerderungen-fuer-gebaeudebegrueung-im-ueberblick/>

Förderung für Photovoltaik-Anlagen in Wien

Die Förderung von innovativen Technologien ist ein wesentlicher Beitrag zum Kampf gegen den Klimawandel. Zur Wiener Förderung von Photovoltaik-Anlagen werden Fördergelder auch für Stromspeicher ausgeschüttet und die Errichtung von Photovoltaik-Anlagen auf Gründächern unterstützt. Ziel der Förderungen ist es, den Ertrag und Eigenverbrauch von Sonnenstrom zu erhöhen.

In Wien werden betriebliche und private Photovoltaik-Anlagen gefördert, die auf Gebäuden, baulichen Anlagen oder Betriebsflächen (ausgenommen Grünflächen) angebracht werden. Ein geeigneter Nachweis über die Anbringungsart muss dem Antrag angeschlossen werden. Derzeit werden ausschließlich jene Anlagenleistungen gefördert, die über 50 kWp hinausgehen. Für die ersten 50 kWp kann die Bundesförderung im Rahmen der Förderaktion des Klima- und Energiefonds beantragt werden.

1. Förderungen von Photovoltaik-Anlagen

Anlagen bis zu 100 kWp werden mit 250 Euro pro kWp gefördert. Die darüber hinausgehende Leistung (somit ab dem 101. kWp) wird bis zu einer Obergrenze von 500 kWp mit 200 Euro pro kWp gefördert. Es werden maximal 30 % der förderungsfähigen Kosten gefördert.

2. Förderung von Photovoltaik-Anlagen auf Gründächern

Mit dieser Förderung wird gezielt die Errichtung einer Photovoltaik-Anlage auf Gründächern bzw. Photovoltaik-Anlagen als Verschattungseinrichtung für Dachlandschaften mit Aufenthaltscharakter und Dachbegrünung unterstützt. Die attraktive Förderung forciert einen städtetauglichen Ausbau erneuerbarer Energien und bietet Synergieeffekte durch die kombinierte Nutzung von Gründach und Photovoltaik. Gefördert werden Photovoltaik-Anlagen auf Gründächern mit bis zu 400 Euro pro kWp.

3. Förderung von elektrischen Speichern

Gefördert wird die Neuerrichtung stationärer Stromspeicher, basierend auf Lithiumtechnologie, sowie Salzwasserspeicher in Kombination mit einer Photovoltaik-Anlage. Ein Lastmanagement wird extra mit bis zu 300 Euro gefördert. Elektrische Speicher bringen viele Vorteile mit sich. Sie speichern den mit der eigenen PV-Anlage produzierten Strom und können ihn in nicht sonnigen Zeiten wieder abgeben. So steigt der Eigenverbrauch. Das lohnt sich, weil weniger Energie vom Netz bezogen werden muss. Auch für Netzbetreiber sind sonnige Tage, an denen viel Sonnenstrom einfließt, eine große Herausforderung. Mit elektrischen Speichern können die Netze zu Spitzenzeiten entlastet werden.

Aktuelle und detaillierte Informationen zu den Förderungen unter <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/foerderungen/strom.html>

Förderung für Solarwärme-Anlagen in Wien

Die Förderung für Solarwärme-Anlagen in Wien betrifft Anlagen, die im Zuge der Errichtung eines frei finanzierten Wohnbaus installiert werden. Es gibt zwei Förderschienen für Solarwärme-Anlagen (die aktuelle Förderrichtlinie ist mit 31. Dezember 2021 befristet). Generelle Fördervoraussetzung ist, dass Solarkollektoren der EN 12975 (Qualität und Leistung) entsprechen.

NACHTRÄGLICH INSTALLIERTE SOLARWÄRME-ANLAGEN

Die Stadt Wien fördert die private nachträgliche Installation von Solarwärme-Anlagen zur Warmwasserbereitung mit max. 25 % der förderbaren Investitionskosten. Maximal wird zu einem Sockelbetrag von 1.000 Euro ein Pauschalbetrag von 70 Euro/m² Absorberfläche zugeschossen. Um förderbar zu sein, muss eine solche Anlage eine Absorberfläche von mindestens 5 m² und ein Speichervolumen von mindestens 300 Liter haben.

Wird die Solaranlage auch für die Heizungsunterstützung und/oder zur Kühlung gebraucht, erhöht sich der maximale Zuschuss auf 35 % der förderbaren Investitionskosten. Maximal wird zu einem Sockelbetrag von 1.000 Euro ein Pauschalbetrag von 100 Euro/m² Absorberfläche zugeschossen. Solche Anlagen müssen eine Absorberfläche von mindestens 10 m² und ein Speichervolumen von mindestens 800 Liter haben. Bei den Kälteteilen der Solar Cooling Anlage beträgt der Zuschuss 35 % der förderbaren Investitionskosten.

Bei Gebäuden mit mehr als zwei Wohneinheiten gibt es ein eigenes Berechnungsschema:

- 3–5 Wohneinheiten 750 Euro/Wohneinheit
- 6–10 Wohneinheiten 600 Euro/Wohneinheit
- 11–15 Wohneinheiten 550 Euro/Wohneinheit
- 16–20 Wohneinheiten 500 Euro/Wohneinheit
- ab 21 Wohneinheiten 450 Euro/Wohneinheit

SOLARWÄRME-ANLAGE MIT HOHER SOLARER DECKUNG

Für Solaranlagen, die in diese Kategorie fallen, erhöhen sich die Förderzuschüsse deutlich. Hier können außerdem auch Solaranlagen bei neu errichteten Gebäuden gefördert werden. Der Zuschuss beträgt max. 25 % der förderbaren Investitionskosten, maximal jedoch 2.200 Euro für Einfamilienhäuser bzw. 3.100 Euro für Zweifamilienhäuser. Ab drei Wohneinheiten beträgt die maximale Förderung 650 Euro/Wohneinheit. Wenn aber mindestens ein Drittel des jährlichen Heizenergiebedarfs durch

die Solaranlage gedeckt wird, gibt es einen Bonus: Der maximale Zuschuss erhöht sich auf 3.100 Euro für Einfamilienhäuser, 4.400 Euro für Zweifamilienhäuser bzw. 800 Euro/Wohneinheit.

Solaranlagen in dieser Förderschiene müssen folgende Voraussetzungen erfüllen:

- Die Integration in die Raumheizung ist verpflichtend.
- Die Deckung des jährlichen Heizenergiebedarfs (Heizung und Warmwasser) muss mindestens 20 % betragen.
- Die Wärmeabgabe muss über ein Niedertemperaturheizsystem erfolgen und ein Wärmemengenzähler muss installiert werden.

Die aktuellen Förderausschreibungen sind immer unter <https://www.solarwaerme.at/foerderuebersicht-privat/> bzw. <https://www.solarwaerme.at/foerderuebersicht-betrieblich/> zu finden.

6.2 Bundesförderungen

OEMAG TARIFFÖRDERUNG 2021

- Gefördert werden PV-Anlagen auf Gebäuden (unabhängig von der Rechtsperson)
- Gefördert werden PV-Anlagen von 5 kWp bis maximal 200 kWp
- Gefördert wird der in das Stromnetz eingespeiste Strom mittels Fördertarif
- Zusätzlich gibt es einen einmaligen Investitionszuschuss
- Förderstelle ist die OeMAG
- Pro Jahr stehen 8 Mio. Euro zur Verfügung

Die Höhe der Einspeisetarife sowie des einmaligen Investitionszuschusses wird jährlich durch die Ökostromverordnung geregelt. Nach Vertragsabschluss gelten die Einspeisetarife für 13 Jahre.

Der Fördertarif liegt für 2020 bei 7,06 Cent/kWh; die Höhe des Investitionszuschusses liegt bei 250 Euro/kWp bzw. max. 30 % der Investkosten.

Informationen zur Förderung sowie Antragstellung unter <https://www.oem-ag.at/de/foerderung/photovoltaik/tarifforderung/>

INVESTITIONSZUSCHUSS FÜR PV-ANLAGEN (BIS 500 KWP) UND STROMSPEICHER (BIS 50 KWH) – START 2021

- Einmalige Investitionsförderung für die Errichtung der PV-Anlage
- Der produzierte und eingespeiste PV-Strom wird nicht gefördert (im Gegensatz zur Ökostromtarifförderung)
- Förderstelle ist die OeMAG
- Pro Jahr stehen 36 Mio. Euro zur Verfügung (24 Mio. für PV-Anlagen und 12 Mio. für Stromspeicher)

Fördersatz für die PV-Anlage:

- Bis 100 kWp: 250 Euro pro kWp
- Mehr als 100 kWp bis 500 kWp: 200 Euro pro kWp (max. jedoch 30 % der Investkosten)

Fördersatz für den Stromspeicher:

- Speicherprojekte (neu und Erweiterung) bis 50 kWh; der Stromspeicher kann größer sein, gefördert werden jedoch max. 50 kWh
- Mindestgröße des Stromspeichers: 0,5 kWh pro kWp installierte Engpassleistung
- 200 Euro/kWh bzw. max. 30 % des unmittelbar für die Errichtung erforderlichen Investitionsvolumens

Weitere Informationen sowie Antragstellung unter

<https://www.oem-ag.at/de/foerderung/photovoltaik/investitionsfoerderung/>

KLIMAFONDS INVESTITIONSFÖRDERUNG FÜR PV-ANLAGEN (BIS 50 KWP) 2020–2022

Vorweg: Die aktuelle Förderausschreibung läuft bis 31. Dezember 2022 (bzw. so lange Budget vorhanden ist).

Diese Förderung wurde im Dezember 2020 aufgestockt und ausgeweitet. Das bisherige Förderbudget wurde um weitere 20 Millionen angehoben. Gefördert werden freistehende Anlagen und Aufdachanlagen. Für gebäudeintegrierte Anlagen gibt es einen Bonus. Der Investitionszuschuss ist für die ersten 50 kWp einer Anlage erhältlich. Die PV-Anlage an sich kann größer errichtet werden.

Förderung Photovoltaik:

- 250 Euro/kWp für 0 bis 10 kWp
- 200 Euro/kWp für jedes weitere kWp zwischen > 10–20 kWp
- 150 Euro/kWp für jedes weitere kWp > 20 kWp bis 50 kWp
- 100 Euro/kWp Bonus für gebäudeintegrierte PV-Anlagen

Informationen zur Förderung sowie Antragstellung unter www.klimafonds.gv.at

NETZFERNE INSELANLAGEN

Gefördert werden Anlagen zur Eigenversorgung in Inselanlagen ohne Netzzugangsmöglichkeit (z.B. Photovoltaik-Anlagen, Kleinwasserkraftwerke, Windkraftanlagen oder elektrische Energiespeicher zur Versorgung von Berghütten). Einreichen können alle Betriebe, sonstige unternehmerisch tätige Organisationen sowie Vereine und konfessionelle Einrichtungen.

Informationen zur Förderung sowie Antragstellung unter

<https://www.umweltfoerderung.at/betriebe/stromerzeugung-in-insellage-auf-basis-erneuerbarer-energetraeger.html>

Alle Informationen zu Förderungen sind zusammengefasst und immer aktuell unter

<https://www.pvaustria.at/foerderungen/> einzusehen.

Förderungen für Bauwerksbegrünung

Die Umsetzung von begrünten Gebäuden ist in folgende fachliche Konzepte eingliedert: Bioökonomiestrategie 2020+, klimaaktiv, Klimawandelanpassungsstrategie, #mission2030, Renewable Energy 2018 und die Umwelterklärung. In der Biodiversitätsstrategie 2020+ des Umweltbundesamtes sind ebenso Bauwerksbegrünungen integriert. Zudem gibt es ortsbezogene Förderungen für Beratungs- und Umsetzungsvorhaben in Österreich, zumeist auf Ebene der Stadtverwaltungen.

Aktuelle Informationen zu Förderungen für Bauwerksbegrünung siehe:

<https://gruenstattgrau.at/urban-greening/foerderungen/>

Förderung der Dach- und Fassadenbegrünung als energetische Sanierungsmaßnahme (KPC):

BAUWERKSBEGRÜNUNG

Innerhalb der österreichweiten Umweltförderungen des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) gibt es Förderungen für die Errichtung von Dach- und Fassadenbegrünung für Betriebe und Gemeinden. Die Kommunalkredit Public Consulting GmbH (KPC) wickelt diese Förderungen ab und vergibt unterschiedliche Zuschüsse für Gebäudebegrünungen im Neubau und bei Sanierungen. Dies gilt in Kombination mit energieeffizienter Bauweise bzw. bei thermischen Gebäudesanierungen.

- Förderung betrieblich genutzter Neubauten in energieeffizienter Bauweise für Betriebe und Gemeinden (BMNT) – (u.a. extensive Dachbegrünung, Fassadenbegrünungen bis zu 150 Euro/m²)
- Förderung von thermischen Gebäudesanierungen für Betriebe und Gemeinden (BMNT) – (u.a. extensive Dachbegrünung, Fassadenbegrünungen bis zu 150 Euro/m²)

Förderungen für Solarwärme-Anlagen

PRIVAT

Bundesweite Förderungen für die private Errichtung von Solarwärme-Anlagen werden vom Klima- und Energiefonds gewährt, die Förderung wird jährlich neu aufgelegt. Die aktuelle Förderung beläuft sich auf 700 Euro pro Anlage, die pauschal als einmaliger Investitionskostenzuschuss ausbezahlt wird. Sie ist auf der Website des Klima- und Energiefonds abrufbar. Für Solarwärme-Anlagen, die mindestens 70 % des Gesamtwärmebedarfs eines Ein- oder Zweifamilienhauses decken, gibt es ein Solarhausprogramm des Klima- und Energiefonds. Dieses gilt für Neubauten, Bestand und Sanierungen und wird ebenfalls jährlich neu aufgelegt. Die Förderkonditionen sind auf der Homepage des Klima- und Energiefonds abrufbar.

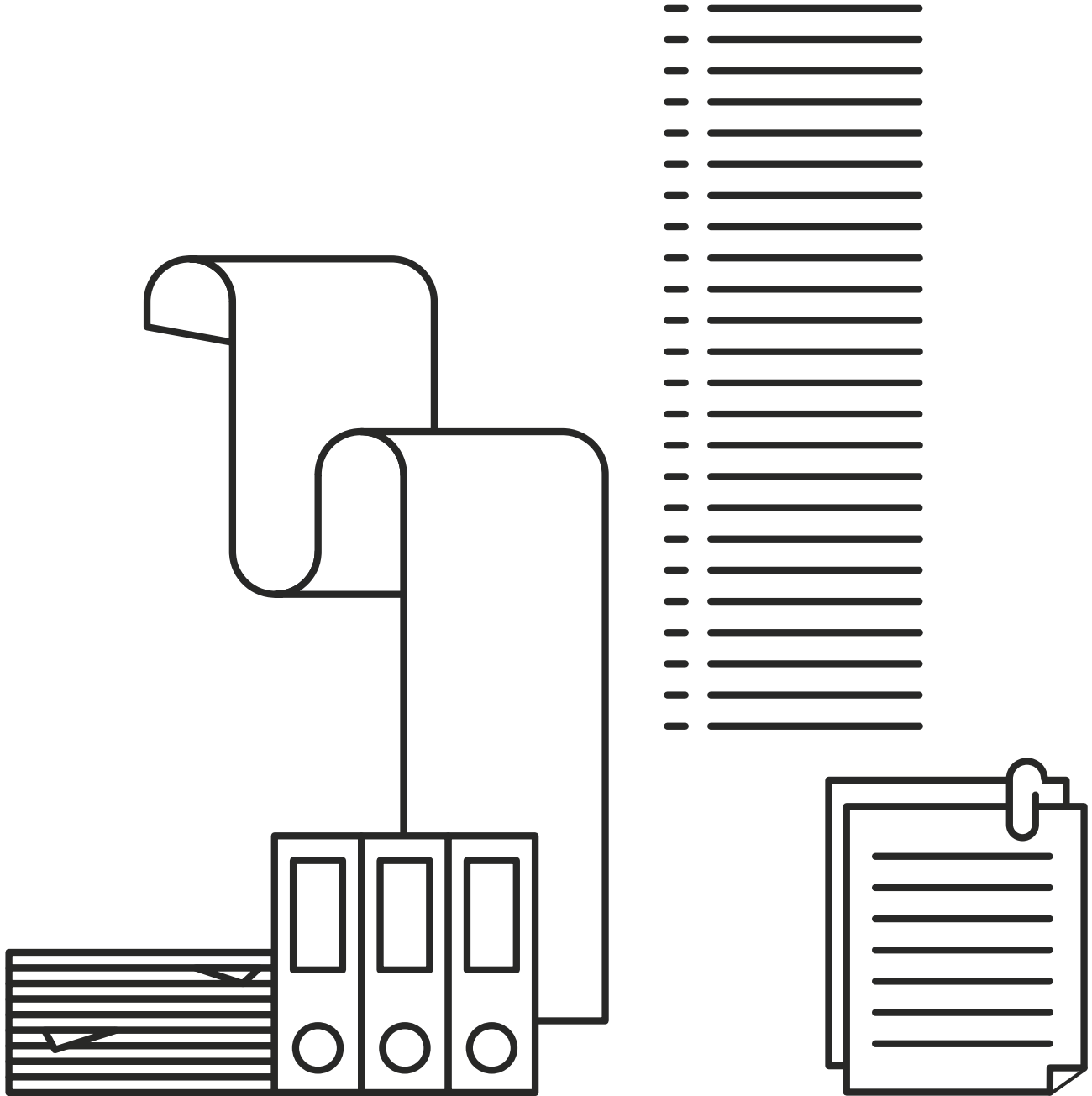
Die aktuellen Förderausschreibungen sind immer unter <https://www.solarwaerme.at/foerderuebersicht-privat/> zu finden.

BETRIEBLICH

Im Zuge der Umweltförderung im Inland (UFI) werden betriebliche Solarwärme-Anlagen zur Warmwasserbereitung, Raumheizung und für Prozesswärme bis 100 m² Kollektorfläche bei Standardkollektoren mit 150 Euro pro m² und bei Vakuumkollektoren mit 195 Euro pro m² Kollektorfläche gefördert. Die Förderung beträgt max. 30 % der förderfähigen Kosten. Anlagen mit mehr als 100 m² Kollektorfläche werden entsprechend der CO₂-Einsparung der Anlage gefördert. Die Förderung beträgt max. 25 % der förderfähigen Kosten, die Mindestinvestition für förderfähige Anlagen liegt bei 10.000 Euro. Im Großanlagenprogramm des Klima- und Energiefonds werden solare Großanlagen ab 100 m² (in Sonderfällen ab 50 m²) Kollektorfläche mit 30–50 % der Investitionskosten gefördert. In sechs Themenfeldern werden integrative Energiesysteme, neue Technologien und besonders große Anlagen (> 5.000 m²) forciert. Zusätzlich werden Machbarkeitsstudien für Projekte über 5.000 m² mit bis zu 100 % gefördert.

Die aktuellen Förderausschreibungen sind immer unter <https://www.solarwaerme.at/foerderuebersicht-betrieblich/> zu finden.

Abbildungsverzeichnis und Impressum



Abbildungsverzeichnis

Vorwort	1	Ingo Pertramer
Einleitung	1	Rudolf Schmied
	2	Stadt Wien/Fürthner
Abbildung	1	Pfoser et al., 2013; Illustration: buero bauer
	2	Photovoltaic Austria; Illustration: buero bauer
	3	ertex solar
	4	KIOTO SOLAR
	5	KIOTO SOLAR
	6	DAS Energy/alwitra
	7	Photovoltaic Austria; Illustration: buero bauer
	8	Photovoltaic Austria
	9	Photovoltaic Austria
	10	Pflügl
	11	Wien Energie/Christian Hofer
	12	Photovoltaic Austria
	13	Wien Energie
	14	Wien Energie
	15	Photovoltaic Austria
	16	Photovoltaic Austria
	17	ATB Becker
	18	Photovoltaic Austria
	19	Velka-Botička
	20	Architekten huggenbergerfries, © Beat Bühler
	21	BE Netz AG, CH-Luzern
	22	RENÉ SCHMID ARCHITEKTEN AG
	23	Rainer Sohlbank
	24	Valentina Damian
	25	Photovoltaic Austria
	26	Photovoltaic Austria
	27	Photovoltaic Austria
	28	Photovoltaic Austria
	29	Wien Energie/Johannes Zinner
	30	Photovoltaic Austria
	31	Wien Energie/Johannes Zinner
	32	Elektrotechnik Leitinger
	33	Photovoltaic Austria; Illustration: buero bauer
	34	Marktstatistik; Illustration: buero bauer
	35	Photovoltaic Austria; Illustration: buero bauer
	36	Solarleitfaden Stadt Wien, 2014; Illustration: buero bauer
	37	Gasokol GmbH
	38	Gasokol GmbH
	39	Gasokol GmbH; Illustration: buero bauer

Abbildung 40	Pfoser/Jakobs 2015; Änderungen Kraus/Enzi 2016; Illustration: buero bauer
41	Illustration: buero bauer
42	GRÜNSTATTGRAU; Illustration: buero bauer
43	GRÜNSTATTGRAU; Illustration: buero bauer
44	GRÜNSTATTGRAU
45	GRÜNSTATTGRAU
46	GRÜNSTATTGRAU; Illustration: buero bauer
47	GRÜNSTATTGRAU
48	GRÜNSTATTGRAU; Illustration: buero bauer
49	GRÜNSTATTGRAU
50	GRÜNSTATTGRAU; Illustration: buero bauer
51	GRÜNSTATTGRAU
52	GRÜNSTATTGRAU
53	GRÜNSTATTGRAU
54	GRÜNSTATTGRAU; Illustration: buero bauer
55	Ulrike Pitha
56	Marco Schmidt, TU Berlin
57	Verband für Bauwerksbegrünung, BOKU WIEN, IBLB
58	Stadt Wien/C. Fürthner
59	Stadt Wien/C. Fürthner
60	ZHAW, Solarspar
61	BUGG, Gunter Mann
62	nachhaltigwirtschaften.at
63	green4cities
64	GSG
65	Dieter Moor, ertex solar
66	Photovoltaic Austria
67	Goetzenbrucker
68	Optigrün
69	Solarspar
70	Solarspar
71	Solarspar
72	Solarspar & ZHAW Zürich
73	3F SOLAR
74	3F SOLAR
75	LP architektur ZT GmbH
76	AEE INTEC
77	Trimmel Wall Architekten ZTGmbH
78	HABAU GmbH
79	GREENoneTEC GmbH
80	GSG
81	GSG
82	Marco Schmidt, TU Berlin; Illustration: buero bauer
83	Stadt Wien; Illustration: buero bauer

Impressum

Medieninhaberin und Herausgeberin

Magistrat der Stadt Wien,
Magistratsabteilung 20 – Energieplanung

Strategische Gesamtkoordination und Redaktion

Magistratsabteilung 20 – Energieplanung
www.energieplanung.wien.gv.at

Mag. Bernd Vogl
DI Dr. Stefan Sattler
Mag.^a Kristina Grgić

GRÜNSTATTGRAU GMBH

www.gruenstattgrau.at
DIⁱⁿ Vera Enzi
DIⁱⁿ Susanne Formanek
Tijana Matic, BSc.
Rafael Werluschnig, BSc.

PV AUSTRIA

www.pvaustria.at
DIⁱⁿ Vera Immizer
DIⁱⁿ Julia Stockklausner
Judith Pospischil
Nikolas Fussenegger

AUSTRIA SOLAR

www.solarwaerme.at
DI Roger Hackstock
Jakob Ploteny, BA

Designkonzept, Illustration, Layout

büero bauer, www.buerobauer.com

Druck



Gedruckt auf ökologischem Papier nach den Kriterien
von „Ökokauf Wien“ CO₂-kompensiert produziert.

Verlags- und Herstellungsort

Wien, 2021

