

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN
DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT
INSTITUT FÜR UMWELT UND NATÜRLICHE RESSOURCEN

Dachbegrünungen und Solarenergienutzung auf Gebäuden - Konkurrenz oder sinnvolle Kombination

Bachelorarbeit

Yannick Meister

Umweltingenieurwesen (UI19)

Urbane Ökosysteme

06. Juli 2023



Fachkorrektor*In

Dr. Stephan Brenneisen & Dr. Franziska Opitz
ZHAW Life Sciences und Facility Management
Zentrum Umweltsysteme
Grüntalstrasse 14, 8820 Wädenswil

Impressum

Schlüsselwörter

Biodiversität, Dachbegrünung, Fauna, Flora, Förderprogramme, Gesetze, Kombination, Pflege, Photovoltaik, Solarenergie, Subventionen und Unterhalt

Zitiervorschlag

Meister, Y. (2023). Dachbegrünungen und Solarenergienutzung auf Gebäuden - Konkurrenz oder sinnvolle Kombination. Bachelorarbeit. Wädenswil: Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen IUNR, ZHAW

Institut

Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen
ZHAW Life Sciences und Facility Management
Grüentalstrasse 14
8820 Wädenswil

Danksagung

Mein Dank geht an alle Personen, welche mich während der Verfassung der Bachelorarbeit unterstützt haben. Besten Dank an die verschiedenen Personen von städtischen Ämtern und Behörden, für die Geduld sowie detaillierte Beantwortung meiner Fragen. Auch ein grosses Dankeschön an die Haus- und Immobilieneigentümer, für die Einblicke auf ihre Solar-Gründächer. Speziell möchte ich mich bei Dr. Stephan Brenneisen für die grosse Unterstützung, für die Beantwortung organisatorischer Fragen und insbesondere für die Flexibilität in Bezug auf das Thema meiner Arbeit bedanken.

Zusammenfassung

Dachbegrünungen und die Nutzung von Solarenergie auf Gebäudedächern sind zwei vielversprechende Massnahmen im Kampf gegen aktuelle Umweltprobleme. Im Bereich der Solarenergie boomt aktuell vor allem die Branche der Photovoltaik. Gleichzeitig kennen viele Schweizer Städte aber eine Dachbegrünungspflicht. Daraus entwickelte sich eine gewisse Konkurrenz der beiden Techniken auf Gebäudedächern.

Aus diesem Grund wurde in dieser Arbeit ermittelt, inwiefern sich die beiden Möglichkeiten miteinander kombinieren lassen. Dafür wurde sich in einem ersten Teil mittels Literaturrecherche auf die theoretischen Grundlagen beider Techniken fokussiert. Dachbegrünungen und die Solarenergie weisen beide ihre spezifischen Vorteile auf. In Kombination miteinander kann die Energieeffizienz aber noch verstärkt werden.

Anhand von 17 ausgewählten Schweizer Städten wurde ermittelt, wie weit der Stand der Praxis in der Schweiz fortgeschritten ist. Aus den Internetrecherchen und Gesprächen mit Behörden, konnte erkannt werden, dass die Gesetzgebung nicht in allen Schweizer Städten denselben Stand aufweisen kann.

Die im letzten Teil vorgestellten Solar-Gründächer zeigen deutlich auf, dass Kombinationen beider Techniken auf Flachdächern grundsätzlich funktionieren und weitere Vorteile mit sich bringen. Sie erinnern jedoch auch daran, dass bei falscher Planung und Umsetzung schwerwiegende Fehler und Konsequenzen entstehen können.

Der Erlass von Gesetzen zur Kombination ist ein Schritt in die richtige Richtung. Zusätzlich braucht es aber vermehrt Sensibilisierung der Bevölkerung, um auch in Zukunft mehr erfolgreiche Solar-Gründächer zu realisieren.

Abstract

Green roofs and the use of solar energy on building roofs are two promising measures in the fight against current environmental problems. In the field of solar energy, the photovoltaic sector in particular is currently booming. At the same time, however, many Swiss cities have made green roofs compulsory. This has led to a certain competition between the two technologies.

For this reason, this work determined the extent to which the two options can be combined. For this purpose, the first part of the study focused on the theoretical basics of both techniques by means of literature research. Green roofs and solar energy both have their specific advantages. In combination with each other, however, energy efficiency can be enhanced.

Based on 17 selected Swiss cities, the state of the practice in Switzerland was determined. From the internet research and discussions with authorities, it could be seen that the legislation may not have the same status in all Swiss cities.

The solar green roofs presented in the last part clearly show that combinations of both techniques on flat roofs basically work and bring further advantages. However, they are also a reminder that serious mistakes and consequences can result from incorrect planning and implementation.

Enacting legislation on combination is a step in the right direction. In addition, however, there is a need for increased awareness among the population in order to realize more successful solar green roofs in the future.

Abkürzungsverzeichnis

BNO	Bau- und Nutzungsordnung
BO	Bauordnung
BPG	Bau- und Planungsgesetz
BZO	Bau- und Zonenordnung
BZR	Bau- und Zonenreglement
DB	Dachbegrünung (keine offizielle Abkürzung)
EIV	Einmalvergütung
kWh	Kilowattstunde
kWp	Kilowatt Peak
PV	Photovoltaik
RAC	Règlement d'aménagement communal
RCU	Règlement communal d'urbanisme

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	1
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Zielsetzung	3
2 Theorie	4
2.1 Stand der Forschung	4
2.1.1 Dachbegrünung und Photovoltaik	4
2.1.2 Photovoltaik und Biodiversität auf Dachbegrünungen	8
3 Material & Methoden	10
3.1 Vorbereitungen	10
3.2 Vorgehen	10
4 Resultate	12
4.1 Stand der Praxis	12
4.1.1 Gesetze und Fördermassnahmen.....	12
4.1.2 Praxisbeispiele von Kombinationen	23
5 Diskussion	29
6 Literaturverzeichnis	34
7 Abbildungsverzeichnis.....	39
8 Tabellenverzeichnis.....	40
9 Anhangsverzeichnis	41

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die Schweiz steht seit einigen Jahren einer Vielzahl von Herausforderungen wie sommerlichen Hitzewellen, Schneemangel, auftauendem Permafrost, Rückzug von Gletschern sowie dem Verlust von natürlichen Flächen und dem Rückgang der Biodiversität gegenüber. Diese negativen Auswirkungen auf die Umwelt und die Bevölkerung verstärken sich rapide und sind anhand verschiedener Beispiele erkennbar, wie ein Bericht des BAFU von 2022 aufzeigt.

Die Ursachen und Probleme des anthropogen verursachten Klimawandels erregen nicht nur in der Schweiz, sondern auch international grosse Aufmerksamkeit. Im Rahmen der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro im Jahr 1992 wurde der Grundstein für bedeutende politische Massnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels gelegt. Insbesondere ist das Instrument zur Bekämpfung des Klimawandels (IPCC) hervorzuheben, welche wichtige Leitlinien für internationale Umweltschutzmassnahmen bereitstellt. Dieser Ausschuss für Klimaänderungen wurde bereits 1988 durch die Welt-Meteorologie-Organisation in Zusammenarbeit mit der UNO vorgestellt. Ausserdem gilt es das Übereinkommen über die biologische Vielfalt (CBD) der Vereinten Nationen zu nennen, welche nach der Konferenz in Rio de Janeiro in Kraft trat. Die Schweiz ist beiden Übereinkommen beigetreten und die Verordnungen sind für sie seit 1994 beziehungsweise 1995 rechtskräftig (BAFU, 2023). Spätestens seit der Definition der 17 Nachhaltigkeitsziele auf der Klimakonferenz 2015 von Paris stehen der Klimawandel und der Rückgang der Biodiversität im Mittelpunkt weltweiter Diskussionen.

Der Schweizer Bund und die Kantone sind sich der Problematik also bewusst und arbeiten an effizienten Lösungen. In Zusammenarbeit von Wissenschaft und Politik werden strukturierte Ziele erarbeitet und entsprechende Gesetze verabschiedet. Die Energiestrategie 2050 der Schweiz legt in einer ihrer drei Hauptrichtungen den Fokus auf den Ausbau der erneuerbaren Energien. Bis 2050 soll der Strombedarf, der bisher aus der Kernenergie stammt, durch erneuerbare Energiequellen gedeckt werden (Energiesgesetz, 2018). Ein bedeutender Teil dieses Ziels soll durch Photovoltaikanlagen, in der folgenden Arbeit auch PV-Anlagen, erzeugt werden (BFE, 2018). Neben der Energiestrategie 2050 hat die Schweiz auch einen Aktionsplan zur Förderung der Biodiversität entwickelt, welcher im Jahr 2017 verabschiedet wurde. Dieser baut auf den Zielen der Strategie Biodiversität von 2012 auf und enthält konkrete Massnahmen und Umsetzungsmöglichkeiten. Darüber hinaus ergänzt er den bestehenden Umweltvollzug. Die Strategie Biodiversität von 2012 wiederum hat ihren Ursprung im Nachhaltigkeitsgipfel 1992 von Rio de Janeiro (BAFU, 2017).

Einer der fünf Hauptgründe für den Rückgang der Biodiversität ist die starke Ausbeutung unserer Land- und Ozeanflächen. Vor allem die Landwirtschaft, aber auch die Verbauung von Flächen durch Gebäude, Strassennetze und Städte, beansprucht viel Platz und lässt natürliche Flächen rasant verschwinden (IPBES, 2019). Artenreiche Wiesen, Wälder und wertvolle Böden gehören zu den Verlierern der Globalisierung.

Eine vielversprechende Massnahme, um den zu Beginn genannten bedrohlichen Szenarien entgegenzuwirken, ist die Dachbegrüpfungspflicht. Verpflichtungen zu dieser Technik sind bereits seit einigen Jahren in vielen Schweizer Städten und Gemeinden gesetzlich verankert. Sie kommen meist bei Renovierungen sowie Um- und Neubauten von Gebäudedächern zum Zug. Ziel ist es, der Natur ein Stück ihrer ursprünglichen Fläche zurückzugeben und die Biodiversität auch im Siedlungsraum zu fördern.

Bereits vor längerer Zeit hat sich mit Solaranlagen auf Schräg- und Flachdächern von Immobilien, Konzernen und auch Privathäusern ein interessanter Markt aufgetan. Solaranlage ist der Überbegriff für drei verschiedene Systeme. Alle Formen werden mittels Sonnenenergie gespeist. Während **thermische Solaranlagen** Energie in Form von Wärme für die Warmwasseraufbereitung und die Erwärmung von Wohnräumen liefern, sind **Photovoltaikanlagen** darauf ausgerichtet Strom zu erzeugen. Die **thermischen Solarkraftwerke** wiederum funktionieren im gleichen Stil wie die thermischen Solaranlagen. Sie sind jedoch für einen viel höheren Massstab ausgerichtet und vor allem in der Industrie im Einsatz.

Mit der Verabschiedung der Energiestrategie 2050, vor allem aber durch den gefürchteten Strommangel im Winter 2022/23 verzeichnet die komplette Branche der erneuerbaren Energien aktuell einen starken Aufschwung. Speziell die Photovoltaik-Industrie erlebt einen regelrechten Boom (SRF, 2022).

Aus diesem Grund entwickelte sich in den letzten Jahren eine Art Konkurrenz zwischen Dachbegrünungen und Solaranlagen. Vor allem auf Flachdächern. Inwiefern konkurrenziert dieser Photovoltaik-Boom mit der aktuellen Gesetzlage der Gründächer? In der folgenden Arbeit wird sich mit dieser Konkurrenzsituation auseinandergesetzt. Wie wird in der Schweiz mit der zunehmenden Flächenkonkurrenz zwischen Photovoltaikanlagen und Dachbegrünung umgegangen? Müssen Dachbegrünungen den Photovoltaikanlagen, trotz gesetzlicher Grundlagen, oftmals weichen? Es wird sich eingehend mit den einzelnen Gesetzen von ausgewählten Schweizer Städten auseinandergesetzt und zudem verschiedene Förderprogramme vorgestellt. In einem zweiten Teil werden realisierte Kombinationsprojekte der beiden Techniken betrachtet sowie deren Pflege- und Kostenaufwand analysiert.

1.2 Zielsetzung

Im ersten Unterkapitel des Theorieteils erfolgt eine umfassende Darstellung des aktuellen Forschungsstandes in den Bereichen Photovoltaikanlagen, Dachbegrünungen und ihrer kombinierten Nutzung. Im darauffolgenden Unterkapitel 2.1.2 wird speziell auf die Auswirkungen von Solarpanels auf die Biodiversität von begrünten Dächern eingegangen. Dabei werden relevante Erkenntnisse und Studien präsentiert. Das anschliessende dritte Kapitel widmet sich den Vorbereitungen und dem methodischen Vorgehen dieser Arbeit.

Der Hauptteil der Arbeit, Kapitel 4, bietet einen umfassenden Überblick über den aktuellen Stand der Praxis in verschiedenen Schweizer Städten und Gemeinden. Dafür wird eine übersichtliche Tabelle der geltenden Gesetzesartikel präsentiert, um einen Einblick in die aktuelle Gesetzgebung in der Schweiz zu erhalten (Unterkapitel 4.1.1). Zudem werden spezifische städtische Förderprogramme sowie die unterschiedlichen Regelungen für Subventionsberechtigungen vorgestellt.

Im darauffolgenden Unterkapitel 4.1.2 werden verschiedene fertiggestellte Kombinationsprojekte aus Dachbegrünung und Solaranlage präsentiert. Von grossflächigen Flughafengebäuden über stadteigene Immobilien bis zu Mietwohnungsüberbauungen und Einfamilienhäusern. Abschliessend rundet Kapitel 5 die Arbeit mit einer Diskussion der Ergebnisse ab. Ausserdem wird ein persönlicher Ausblick auf zukünftige Entwicklungen und Möglichkeiten gewagt.

Die Arbeit soll eine quantitative und qualitative Analyse der bestehenden Gesetzeslagen bezüglich Solaranlagen und Dachbegrünungen in der Schweiz vorlegen. Der Fokus wird auf deren Kombination und vor allem auf die Photovoltaik gelegt. Durch den persönlichen Kontakt mit verschiedenen Verantwortlichen aus städtischen Behörden und Ämtern konnten tiefgründigere Informationen erhalten werden, welche nur durch Lesen der Gesetzesartikel nicht hätten erhalten werden können. Das Hauptziel der Arbeit besteht darin aufzuzeigen, dass sich die beiden Techniken gegenseitig nicht ausschliessen müssen und kein Konkurrenzkampf entstehen muss.

2 Theorie

2.1 Stand der Forschung

Die Relevanz der Thematik spiegelt sich in den diversen veröffentlichten Forschungsarbeiten und Studien der letzten Jahre wider. Dass die Kombination von Solaranlagen und Dachbegrünung auch in der Praxis ein breit diskutiertes Thema ist, konnte anhand der Gespräche mit den städtischen Behörden festgestellt werden. Da laufend neue Lösungen und Techniken auf den Markt gebracht werden, wird in diesem Kapitel der aktuelle Stand in der Forschung beschrieben. Im Bereich der Solarenergie wird sich auf die Photovoltaik konzentriert. Im ersten Unterkapitel wird sich zuerst auf die Techniken Dachbegrünung und Photovoltaik im Einzelnen und anschliessend als Kombination fokussiert. Daraufhin werden im zweiten Unterkapitel die Kenntnisse über die Auswirkungen von PV-Modulen auf die Biodiversität von Gründächern in den Fokus gestellt.

2.1.1 Dachbegrünung und Photovoltaik

Dachbegrünung

Das Begrünen von Dächern ist keine neue Erfindung. Gemäss geschichtlichen Überlieferungen sind die ersten Begrünungen bereits 900 v. Chr. entstanden. Eines der berühmtesten Werke sind wohl die Hängenden Gärten von Babylon (6. Jahrhundert vor Christus). Vielen dürften auch die alten skandinavischen Holzhäuser mit ihren Grasdächern bekannt sein, welche als Isolation gegen die eisige Kälte im hohen Norden fungierten. (Jürgen Landskron Dachbegrünung (2009), Kleinod & Strickler (2018)).



Abbildung 1: Traditionelle skandinavische Dachbegrünung
Quelle: Yannick Meister

Das Begrünen von Dächern ist seit mehreren Jahren eine wesentliche Massnahme zur ökologischen Aufwertung in Siedlungsgebieten. Sie wird von zahlreichen Gemeinden und Städten durch entsprechende Vorgaben in der jeweiligen Bauordnung gefördert. Durch diese Art von Begrünung können Ausgleichsflächen für die Biodiversität geschaffen werden, welche durch den Bau der Immobilie verlorenen gegangen sind. Je nach Bepflanzung und Begrünungsart können unterschiedliche Pflanzen- und Tierarten gefördert und Vernetzungskorridore sowie Trittsteinbiotope geschaffen werden. In Studien konnten bereits viele verschiedene Insektenarten, wie Käfer, Bienen, Schmetterlinge und Spinnen auf den unterschiedlichsten Dachbegrünungen nachgewiesen werden (Brenneisen & Hänggi, 2006 und Pétremand et al., 2017). Auch die Vögel profitieren von den erhöhten Grünflächen. Die bodenbrütenden Kiebitze beispielsweise können ihre Jungen auf spezifisch angelegten Gründächern erfolgreich aufziehen, wie aus einer Studie von Horch et al. (2015) hervorgeht.

Neben den Ausgleichsflächen für die Natur bieten sie auch viele direkte Vorteile für die Dachigentümer. Sie verhelfen dem Dach zu einer erhöhten Lebensdauer, aufgrund des Schutzes vor der Witterung und Spitzentemperaturen. Zudem sind Dachbegrünungen eine natürliche Wärmedämmung, womit Eigentümer von verringerten Energiekosten profitieren. Im Winter werden weniger Heizkosten benötigt, während im Sommer das Innere angenehm kühl bleibt. Ausserdem zeichnen sich Dachbegrünungen durch ihre Fähigkeit aus, Regenwasser zurückzuhalten, Staub und Schadstoffe aus der Luft herauszufiltern sowie die Luftfeuchtigkeit zu erhöhen, was wiederum zu einer Kühlung der Dachfläche führt (Møller Francis & Jensen, 2017).

Im Bereich der Dachbegrünung werden vor allem von der extensiven und der intensiven Begrünung gesprochen. Es gibt aber auch andere Dachbegrünungsarten wie zum Beispiel die naturnahe Dachbegrünung (Magill et al., 2011). Welche Art gewählt wird, hängt unter anderem von der Dachkonstruktion sowie der Pflanzenwahl ab. Sollte eine nachträgliche Begrünung auf einem bereits bestehenden Dach geplant sein, muss die Begrünungsart der Statik und Maximallast des Daches angepasst werden. Bei einem Neubau kann das Dach zu Beginn auf die gewünschte Begrünungsart abgestimmt werden.

Aufgrund der geringen Substrathöhe von extensiven Begrünungen können meist nur auf Extremstandorte spezialisierte Pflanzen wachsen. Mauerpfeffer (*Sedum spp.*) sind dabei die dominierende Art. Das ökologische Potenzial dieser Begrünungsart ist dabei eher gering. Mit der Zunahme der Substrathöhe können aufgrund des tieferen Wurzelraums und Wasseraufnahmekapazität mehr und auch verschiedene Pflanzen auf einem Dach überleben. Bei einer intensiven Begrünung wird von über 15cm Substratdicke gesprochen. Diese Begrünungsart wird jedoch häufig als Garten oder Erholungsraum behandelt und nicht bezüglich der Förderung der Biodiversität (Magill et al., 2011). Diese Art Begrünung ist um ein Vielfaches

pflegeintensiver. Eine genaue Abwägung seitens Eigentümer und Bauherrschaft ist erforderlich. Eine naturnahe Dachbegrünung wiederum erhöht das Blüten-, Nahrungs- und Versteckangebot für Tiere und stärkt somit die Biodiversität.



Abbildung 2: Verschiedene Dachbegrünungsarten

A) Extensive Dachbegrünung mit Sedum Teppich, Quelle: ZinCo GmbH,

B) Intensive Dachbegrünung mit Büschen und kleinen Bäumen, Quelle: Deutsche Wildtier Stiftung,

C) Naturnahe Dachbegrünung mit Stauden und Totholz, Quelle: ZinCo GmbH

Die nachstehende Tabelle bietet einen groben Überblick über die drei Hauptarten von Dachbegrünungen. Die Daten dienen lediglich der Übersicht und können bei jeder Begrünung Abweichungen und Differenzen aufweisen. Jede Dachbegrünung variiert in ihrem Aufbau, ihrer Bepflanzung, den Kosten sowie in ihrem ökologischen Potenzial.

Tabelle 1: Verschiedene Dachbegrünungsarten nach Magill et al. (2011)

	Extensivbegrünung	Naturnahe Begrünung (Einfache Intensivbegrünung)	Intensivbegrünung
Substratauflage	≤15cm	Unterschiedliche Höhen	>15cm
Typische Begrünungsform	Niedrig wachsende Pflanzen wie Mauerpfeffer & Hauswurz	Bis zu Stauden & evtl. kleineren Büsche	Bis zu Büschen & (kleineren) Bäumen
Ökologischer Ausgleich	Niedrig	Hoch	Mittel
Pflege	Leicht	Leicht – Mittel	Intensiv
Kosten	Gering	Mittel	Hoch

Photovoltaikanlagen

Photovoltaikanlagen gibt es in unterschiedlichen Grössen und für alle möglichen Anwendungen. Sie können an Gebäuden, auf Freiflächen oder auch an Lawinenverbauungen, Skiliften und sogar auf Stauseen installiert und genutzt werden. Folgend wird sich auf PV-Anlagen auf Gebäuden konzentriert.

Es wird zwischen PV-Anlagen auf Schräg- und Flachdächern sowie an Fassaden unterschieden. Für die Flachdächer gibt es verschiedene Art und Weisen wie die Solarmodule installiert werden können. Die Ausrichtung der Module auf dem Dach spielt eine zentrale Rolle. Dies muss zusammen mit der Neigung der Module im Vorfeld abgeklärt und optimal auf die Standortbedingungen des jeweiligen Gebäudes angepasst werden. Grundsätzlich ist eine Südausrichtung der Module empfehlenswert. Zwei der neusten Techniken im Bereich der Photovoltaik sind die bifacialen Module und die Solarblume. Bifaciale Module haben den Vorteil des erhöhten Stromertrags, da sie beide Flächen zur Stromerzeugung nutzen. Der erzielte Ertrag hängt unter anderem stark von der Montage ab (IEFE, 2017). Solarblumen wiederum sehen aus wie ein modernes Kunstwerk. Die einzelnen Module stellen die Blüten einer Blume dar und die ganze Pflanze bewegt sich mit dem Verlauf der Sonne über den Tag, um einen möglichst hohen Ertrag an Strom zu generieren (Stahl, 2023).

Ein wichtiger Punkt, welchen es bei allen Techniken zu beachten gilt, ist das Freibleiben von Verschattungen nach der Installation. Solche Verschattungen beispielsweise durch Pflanzen oder andere Bauten kann zu hohen Ertragseinbussen führen (Baumann et al., 2019).

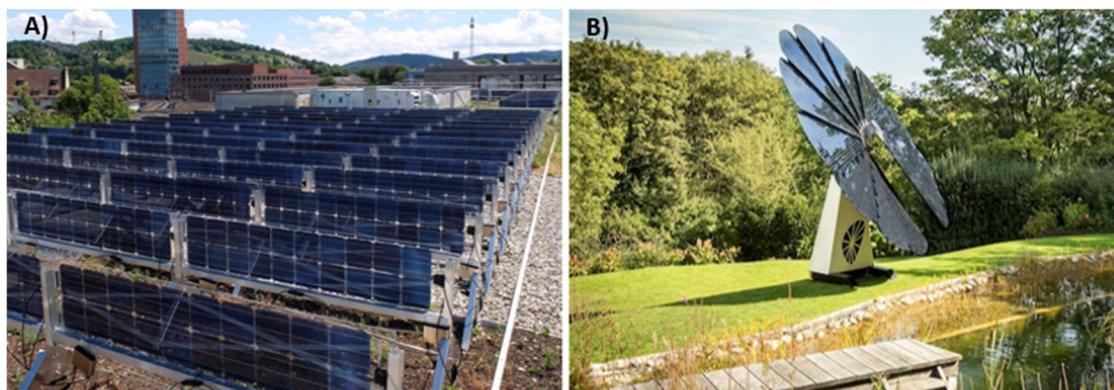


Abbildung 3: Verschiedene Photovoltaik-Techniken
A) Bifaciale Module, Quelle: Megasol Energie AG,
B) Solarblume, Quelle: Smartflower Solar

Kombination Photovoltaik und Dachbegrünung

Bei der Kombination der beiden Techniken ist eine standortangepasste und exakte Planung erforderlich. Ansonsten können schwerwiegende Fehler entstehen. Genauso wichtig wie die Planung, ist die Erarbeitung eines fachgerechten Pflegekonzepts, welches nach der

Umsetzung des kombinierten Daches zur Anwendung kommt. Wie oft das Dach im Jahr für die Pflege betreten werden muss, hängt von der gewählten Substratdicke sowie der Art der Begrünung ab.

Bei einer fachlich korrekten Umsetzung bietet die Kombination verschiedene Vorteile. Die beiden Techniken können sich gegenseitig sogar positiv beeinflussen. Beispielsweise verlieren Photovoltaikanlagen bei zu hoher Temperatur auf dem Dach an Leistung (Hui & Chan, 2011). Einer der grossen Hauptvorteile von Dachbegrünungen ist der kühlende Effekt aufgrund der Evapotranspiration. Aufgrund dieser Temperatursenkung können die Module in ihrer Energieeffizienz gesteigert werden, wie eine Studie von Chr. Lamnatou und D. Chemisana (2014) belegen konnte. Im Weiteren kann sich auch der mit der Zeit auf den Modulen abgelagernde Feinstaub negativ auf die Energieeffizienz auswirken. Die Ablagerungen führen zu Ertragseinbußen, sollten die Module nicht regelmässig davon befreit werden (Kaldellis & Fragos, 2011, Styszko et al., 2019). Dachbegrünungen haben die Möglichkeit, neben der Filterung von Partikeln und Schadstoffen, auch Feinstaub aus der Luft herauszufiltern und zu binden (Sempel et al., 2013). Somit können die Module von Ablagerungen entlastet werden und mehr Sonnenstrahlung absorbieren. Je nach Begrünungsart und Pflanzenwahl werden mehr oder weniger Partikel gefiltert.

2.1.2 Photovoltaik und Biodiversität auf Dachbegrünungen

Auch andersherum können Solarmodule positiven Einfluss auf Dachbegrünungen haben, speziell auf die Biodiversität des Daches. Diese Vorteile werden meist weniger in den Fokus gestellt, da eine effiziente Solaranlage den meisten Eigentümern wichtiger ist. Der Einfluss von Photovoltaikmodulen auf die Biodiversität eines Daches ist ein aktueller Teilforschungsbereich. Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Synergie von Photovoltaikanlagen und Dachbegrünungen in Bezug auf die Biodiversität eines Gründaches. Der ökologische Wert eines begrünten Daches wurde bereits im Vorkapitel analysiert. Gründächer bieten im Gegensatz zu herkömmlichen Dächern verschiedene Pflanzen- und Tierarten ein Zuhause, wobei vor allem die Anzahl an Insekten heraussticht. Inwiefern haben aber nun Solarpanels Einfluss auf diese Biodiversität auf dem Gründach?

Nicht begrünte Flachdächer können sich im Hochsommer auf 70 Grad und mehr aufheizen (Sedlbauer & Gottschling, 1999). Überleben können unter solchen Bedingungen nur spezialisierte Tier- und Pflanzenarten. Bereits mit einer Begrünung jedoch kann dieser Problematik entgegengewirkt werden. Durch das zusätzliche Anbringen von Solarpanels, werden ausserdem schattige und feuchte Habitate auf dem ansonsten besonnten Flachdach geschaffen.

Somit entstehen unterschiedliche Mikrohabitate mit verschiedenen Temperaturwerten und Sonneneinstrahlungen, was wiederum andere Pflanzen- und Tierarten begünstigt. Je heterogener ein Flachdach aufgebaut ist, desto eher können sich artenreiche Lebensgemeinschaften ansiedeln.

In einer Studie von Brenneisen (2015) wurde die Gruppe der Käfer als Bioindikator ausgewählt, um Rückschlüsse auf den Zustand der Biodiversität von 15 begrünten Dächern in Basel zu erhalten. Vier davon in Kombination mit einer Photovoltaikanlage. Auf diesen vier Solar-Gründächern konnten im Schnitt 35 Arten festgestellt werden. Diese Zahl ist somit fast gleich hoch wie die total 41 Arten, welche über alle 15 Dächer gesehen gefunden wurden.

Auf einem dieser 15 Gebäude wurde dasselbe Dach unterschiedlich eingerichtet. Es wurden verschiedene Substrathöhen gewählt, diverse Strukturen angebracht sowie Bereiche mit und ohne Solarpanels eingerichtet. In der Untersuchung konnte ein signifikanter Unterschied in der Anzahl Arten an Käfern auf dem Solar-Gründachbereich (48 Arten) gegenüber Bereich mit dünn-schichtigen Substraten (39 Arten) festgestellt werden.

Auch in der Untersuchung von Hauswirth (2017) standen die Käfer im Fokus. Auf Flachdächern mit Kombination der beiden Techniken konnten mehr hygrophile beziehungsweise feuchtigkeitsliebende Käferarten festgestellt werden als auf Dächern ohne solche Anlagen. Relativiert wird dieses Ergebnis jedoch durch den Fakt, dass in der gleichen Studie auf Dächern ohne PV-Anlage insgesamt mehr Arten gesichtet wurden als auf Dächern mit PV-Anlage. Es gilt hervorzuheben, dass in beiden diesen Studien (Brenneisen sowie Hauswirth) auf den kombinierten Dächern naturschutzrelevante Käferarten nachgewiesen werden konnten.

Der Biodiversitätsgrad auf einem Gründach hängt von vielen weiteren Faktoren ab. Auch ohne Solarpanels können schattige Bereiche auf dem Dach geschaffen werden. Je nach Begrü-nungsart (siehe Tabelle 1) können höher wachsende Pflanzen gepflanzt werden, welche wiederum Schatten spenden, und feuchtere Stellen schaffen. Auch die Anbringung von Strukturen wie Totholz oder Steinhäufen sind zu erwähnen. Natürlich etabliert sich auf dem Dach auch eine Tierwelt, welche von der gewählten Pflanzengesellschaft profitiert und umgekehrt. Nicht zuletzt ist auch die Lage des Gebäudes relevant. Solarpanels sind also eine von mehreren Strukturen, welche auf dem Dach angebracht werden können, um schattige Habitate für die Biodiversität zu schaffen. Allerdings kann nur durch sie Strom generiert werden.

3 Material & Methoden

3.1 Vorbereitungen

In einem ersten Schritt wurde sich Gedanken über die Städte gemacht, welche in der Arbeit analysiert werden sollten. Bei der Auswahl spielte vor allem die Grösse, also die Zahl der Einwohner eine Rolle. Grundlegend war aber auch eine Verteilung der Gemeinden über die gesamte Schweiz. Aus diesem Grund wurden die grösseren Städte aus allen dreien Schweizer Sprachgebieten in proportionalem Verhältnis ausgewählt. Es kristallisierten sich 17 Städte heraus, welche anschliessend einer eingehenden Recherchearbeit unterliefen. Die Resultate aus den Recherchen werden zusammen mit den Antworten und Meinungen aus der Kontaktaufnahme mit den Verantwortlichen der städtischen Ämter im nächsten Kapitel vorgestellt.

Als Vorbereitung für die E-Mails, Gespräche und Interviews mit den Ämtern wurde in einem zweiten Schritt die korrekten städtischen Behörden im Bereich der Photovoltaik sowie der Dachbegrünung ausfindig gemacht. Diese wurden der Übersicht halber tabellarisch im Dokument festgehalten. Diese Tabelle wurde mit den Ergebnissen der Recherche, also den Gesetzen, einzelnen Artikeln und Absätzen ergänzt. Sie ist als Tabelle 2 im Kapitel 4.1.1 zu finden und dient der Übersicht auch über die Förderprogramme und Subventionsbeiträge.

Im dritten und letzten Schritt wurde nach Kombinations-Projekten aus Dachbegrünung und Photovoltaik gesucht. Anhand weiteren Internetrecherchen aber auch durch Ratschläge von einzelnen Ämtern konnten diverse Projekte in verschiedenen Landesteilen der Schweiz ermittelt werden. Einige dieser Projekte werden in Kapitel 4.1.2 vorgestellt.

3.2 Vorgehen

Nach dem erfolgreichen Abschluss der Vorbereitungen konnte mit der Kontaktaufnahme begonnen werden. Es wurden städtische Behörden, Projektverantwortliche und auch Eigentümer kontaktiert. Dies geschah anhand spezifischer Fragen per E-Mail, Telefon, aber auch durch persönliche Gespräche. Während bei den Stadt- und Gemeindebehörden die gesetzlichen Grundlagen sowie die eigenen Erfahrungen im Vordergrund standen, wurde bei den Dacheigentümern vor allem versucht Informationen über die Zufriedenheit, Kosten- und Pflegeaufwände zu ihren Dachflächen zu erhalten.

Meistens konnte bereits nach wenigen Tagen mit einer Antwort per E-Mail gerechnet werden. In einigen Fällen konnten auch Telefongespräche oder sogar Interviews per Videokonferenz zur Thematik geführt werden.

Meistens handelte es sich nicht um eine einmalige Kontaktaufnahme. Die Gespräche entwickelten sich per E-Mail über die gesamte Arbeit weiter und mit weiteren Internetrecherchen Schritt für Schritt in die Arbeit eingebaut.

In dieser Phase der Arbeit wurde auf keine grossen Schwierigkeiten gestossen. Mit der Mehrheit der 17 Städte konnte der Kontakt problemlos aufgenommen werden. Weder per E-Mail noch per Telefon kam es zu Hindernissen. Die Ansprechpersonen der zuständigen Behörden erwiesen sich als sehr freundlich und antworteten in den meisten Fällen sehr informativ und detailliert. Nur in zwei Städten konnte kein erfolgreicher Kontakt hergestellt werden. Mithilfe des Internets konnten zwar auch Gesetze und Daten für diese beiden Städte ermittelt werden, jedoch konnten keine persönlichen Meinungen und Erfahrungen der zuständigen Personen in die Arbeit einfließen.

Das Herstellen von Kontakten mit den Dacheigentümern und Projektleitern von Solar-Gründäckern stellte sich im Vergleich als schwieriger heraus (Kapitel 4.1.2). Bei den meisten Anfragen per E-Mail oder Telefon wurde auf andere Stellen verwiesen. Vor allem bei grossen Unternehmen wie der Credit Suisse oder dem Flughafen Genf war es mit grossem Aufwand verbunden mit jemandem persönlich zu sprechen, weswegen sich auf Internetrecherchen fokussiert wurde. In anderen Fällen wurde klar kommuniziert, dass aus Gründen von personellen Kapazitäten oder Zeitdruck keine Gespräche geführt werden können. In wieder anderen Fällen wurde nicht einmal eine Antwort erhalten.

Die dritte nennenswerte Situation beinhaltet die Recherchen und Kontaktaufnahmen mit den Behörden im Westschweizer sowie Tessiner Raum. Aufgrund der Sprachbarriere wurde mit den italienisch und französisch sprechenden Ämtern ein intensiverer Kontakt hergestellt, da es sich als umständlich erwies die korrekten und wichtigen Informationen zu den Projekten und Gesetzen dieser Städte im Internet zu finden. Die Bearbeitung dieser Regionen erwies sich um ein Vielfaches zeitaufwändiger als die Bearbeitung der Deutschschweizer Städte. Mit Hilfe der zuständigen Beamten, anhand der eigenen Sprachkenntnissen und vor allem auch dank einem Sprachübersetz-Tool konnte aber auch diese Aufgabe bewältigt werden.

Über die gesamte Zeitspanne wurden jedoch immer wieder verschiedene Personen kontaktiert, um weitere Fragen klären zu können oder aber Erfahrungen von einzelnen Personen zu bestimmten Themen einfließen lassen zu können.

4 Resultate

4.1 Stand der Praxis

Der Stand der Praxis bezüglich Gesetzgebung und Ausführung ist in der Schweiz unterschiedlich weit vorangeschritten. Einige Gemeinden, vor allem grössere Städte, kennen bereits Gesetze zur Thematik, während andere noch nicht denselben Stand aufweisen können. Daher wird in den folgenden beiden Unterkapiteln ein Überblick geschaffen.

Im ersten Unterkapitel wird sich mit den rechtlichen Grundlagen der 17 ausgewählten Schweizer Städten auseinandergesetzt. Welche Städte kennen welche Regeln und Gesetze bezüglich Dachbegrünung, Photovoltaik oder deren Kombination? Zusätzlich wird auch auf die Förderprogramme und Subventionen eingegangen. Im zweiten Unterkapitel werden verschiedene Praxisbeispiele von bereits realisierten Kombinationsdächern sowie deren Pflegeaufwand vorgestellt. Die Ergebnisse der beiden Unterkapitel werden von Experten aus den entsprechenden Departementen sowie Eigentümern mit eigenen Meinungen und Erfahrungen begleitet.

4.1.1 Gesetze und Fördermassnahmen

Photovoltaik

Während Regelungen zu Dachbegrünungen in vielen Städten bereits seit Jahren gesetzlich festgehalten sind, wurden Gesetze zu Photovoltaikanlagen, auf kommunaler Ebene, eher vernachlässigt. Gemäss Frederik Gort, Leiter Technik und Betriebswirtschaft von Swissolar, gibt es zwar nationale, kantonale und auch gemeindespezifische Auslegungen. Wenn es aber Gesetze zu Photovoltaik gibt, dann sind sie meistens kantonal geregelt. Verbindliche Gesetze auf Gemeindeebene, wie bei den Dachbegrünungen, gibt es aktuell meist nicht.

Dieser Fakt könnte sich in naher Zukunft jedoch bald ändern. Der Nationalrat diskutiert zurzeit über eine Solarpflicht bei Neubauten, grösseren Umbauten und Dachsanierungen (KEYSTONE-SDA-ATS AG, 2023b). Die Vorlage befindet sich (Stand: 18. April 2023) wieder beim Ständerat zur Bereinigung der offenen Differenzen (KEYSTONE-SDA-ATS AG, 2023a).

Aber nicht nur der Bund, auch einzelne Städte und Gemeinden sind bestrebt ein Umdenken einzuleiten. In Baden beispielsweise befindet sich die Bau- und Nutzungsordnung aktuell in Revision (Stand: 21. März 2023). In der neuen BNO wird gemäss Christian Vogler, Energiekoordinator der Stadt Baden, die Solarenergie miteinbezogen. 30% der Flachdachflächen sollen dabei energetisch genutzt werden. Im Idealfall mit einer Begrünung kombiniert. Es wird jedoch noch gut zwei Jahre dauern, bis dieser Erlass ausgereift ist und in Kraft treten wird.

Die im Oktober 2022 in Kraft getretene, aber noch nicht abschliessend angenommene Revision der Bau- und Zonenordnung der Stadt Luzern (Stand: März 2023), stellt sehr ähnliche Bedingungen wie in Baden. In Artikel 77 «Dachbegrünung, Solar- und Photovoltaikanlagen» in Absatz 1 heisst es, dass nicht begehbare Flachdächer ab einer Grösse von 25m² vollflächig zu begrünen und durch thermische Solaranlagen und/oder Photovoltaikanlagen energetisch zu nutzen sind. Von der gesamten begehbaren Fläche sind dabei je mindestens 30% durch Begrünung sowie Sonnenenergienutzung zu gestalten.

Auch in der Westschweiz werden gemäss Frau Erika Loser, Projektleiterin Stadtplanung in Biel, mit neu abgeschlossenen oder aktualisierten Baurechtsverträgen, die Baurechtnehmenden zur Nutzung von Photovoltaik oder Solarthermie verpflichtet.

In St. Gallen regelt der Artikel 5b im Energiegesetz (EnG), dass jeder Neubau einen Teil der verbrauchten Energie selbst erzeugen muss. Gemäss Artikel 4c Absatz 1b der St. Galler Energieverordnung (EnV) müssen dabei mindestens 10 Watt pro Quadratmeter Energiebezugsfläche erzeugt werden. Beide Gesetze liegen aber auf Kantonsebene und es wird nicht ausdrücklich Stromerzeugung durch Photovoltaik verlangt. Auch in den Tessiner Städten ist die Regelung und der Umgang mit Solarenergie kantonal geregelt. Der Artikel 14b «Verpflichtung zur Nutzung der Sonnenenergie» der Verordnung über die Nutzung von Energie (RUEn), besteht auf einen Ausbau von Solaranlagen (Photovoltaik oder thermische Anlagen) bei Neubauten oder Renovationen für Dachflächen über 300m². Bei wirtschaftlicher Unverhältnismässigkeit oder bei Eingriff ins Kulturgüterschutzgesetz wird dieses Gesetz aber nichtig.

Andere Grossstädte, unter anderem Bern, Lausanne oder auch Zürich kennen keine gesetzliche Pflicht für den Ausbau von Solarenergie. Dies schliesst nicht aus, dass Photovoltaikanlagen oftmals, genau wie auch Dachbegrünungen, in verschiedenen Förderprogrammen subventioniert werden (siehe Tabelle 1).

Dachbegrünung

Wie bereits erwähnt, kennen viele Städte, im Gegensatz zur solaren Stromgewinnung, eine Dachbegrünungspflicht. Die meisten Schweizer Grossstädte, aber auch kleinere Gemeinden, wie beispielsweise Zuchwil, haben gesetzliche Grundlagen dazu. Diese greifen bei Neu- und Umbauten sowie Renovationen. Es gibt keine Verpflichtungen, bestehende Gebäude, ohne Renovationsmassnahmen begrünen zu müssen.

Die industriell geprägte Stadt La Chaux-de-Fonds, an der französischen Grenze, stellt keine Ausnahme bezüglich einem Dachbegrünungsgesetz dar. Die Stadt wird in verschiedene Zonen aufgeteilt. Das Dachbegrünungsgesetz ist jedoch nur in zwei dieser Zonen relevant. In der

gemixten Zone, der sogenannte «Zone Mixte» (ZM), welche im Artikel 203, Absatz 2 geregelt ist, heisst es, dass Dächer bei Neubauten oder Renovationen begrünt werden müssen. Bei der Anbringung von Solarpanels oder bei ausgebauten Dächern kann der Gemeinderat aber über eine Aufhebung des Gesetzes diskutieren. In der zweiten Zone, der industriellen Zone «Zone Industrielle», lautet das Gesetz identisch.

Die Städte Biel, Locarno, Lugano oder auch Sitten kennen zurzeit keine gesetzliche Verpflichtung. Weder für Dachbegrünungen noch für Photovoltaikanlagen. Gemäss Luigi Conforto, von der Abteilung Stadtplanung und Infrastruktur Locarno, sind aber auch in dieser Stadt Veränderungen ersichtlich. Im Bereich Dachbegrünung soll dem Stadtrat in naher Zukunft ein Antrag vorgelegt werden, um Anreize für die Realisierung von Gründächern für Privatpersonen sowie Unternehmen zu schaffen (Stand: März 2023). In Lugano wiederum wird sogar geprüft ein Dachbegrünungsgesetz einzuführen. Von Seiten des Sekretariats des «Urbanisme et mobilité» in Sitten heisst es, dass Schritte zu dieser Thematik im Gange sind, die jedoch in diesem Zustand nicht validiert sind.

Einen etwas anderen Weg hat die Stadt Lausanne für sich gefunden. Obwohl sie eine der grössten Schweizer Städte ist, gibt es aktuell keine Gesetzesgrundlage für Dachbegrünungen. Trotz fehlender Verpflichtung hat Lausanne, neben Basel und Zürich, aber eine bestimmte Pionierrolle im Bereich der Dachbegrünungen erlangt. Gut möglich, dass sie diese mittels der erhöhten Subventionen und der ausgereiften Förderkampagne erreichen konnte.

Zwischen 2015 und 2022 hat die Stadt, gemäss Frau Aubert, Beauftragte für Natur, in 29 private Dächer und neun öffentliche Dächer investiert. Private wurden mit 40 Schweizer Franken pro Quadratmeter unterstützt, solange die qualitativen Anforderungen eingehalten wurden. Es ist gut möglich, dass weitere Dächer begrünt, jedoch aufgrund mangelnder Qualitätsanforderungen nicht von der Stadt unterstützt wurden. Die Gesamtfläche der subventionierten privaten Dachflächen beläuft sich auf 21'450 m², während die öffentlichen Gebäudedächer eine Fläche von 6'513 m² aufweisen. Insgesamt hat Lausanne, gemäss Frau Aubert, dafür einen Betrag von 1'067'649 Schweizer Franken aufgewendet.

Aktuell sind die Fördergelder für Dachbegrünungen jedoch aufgebraucht, was auf eine hohe Nachfrage in der Bevölkerung hinweist (Stand: Mai 2023). Durch diese Mittel konnte Lausanne also auch ohne gesetzliche Grundlage viele Dachflächen begrünen.

Neben der ausgereiften Kampagne ging die Stadt auch selbst mit gutem Beispiel voraus. Sie hat sich selbst Richtlinien für den Umgang mit gemeindeeigenen Gebäuden auferlegt, worin die Regelungen für Dachbegrünungen aufgelistet sind (Ville de Lausanne, 2018a).

Trotz der guten Ergebnisse könnte sich aber auch in Lausanne einiges ändern in Bezug auf das Gesetz. Gemäss Frau Aubert ist eine Pflicht für Dachbegrünungen aktuell in Planung und

soll zukünftig im Generalnutzungsplan (Plan Général d'Affectation), welcher sich gerade in Revision befindet, gesetzlich festgehalten werden (Stand: Mai 2023). Ein Grund dafür könnte die Erschöpfung des Förderfonds sein. Die Subventionen wurden 2022 eingestellt.

Subventionen

Wie Lausanne bis ins Jahr 2022 für Dachbegrünungen, zahlen auch andere Städte und Gemeinden Fördergelder aus. Die exakten Regelungen, die Höhe der Summe sowie zu welchen Bedingungen welche Gelder gesprochen werden, sind von Stadt zu Stadt und Gemeinde zu Gemeinde unterschiedlich.

Die Stadt Basel beispielsweise subventioniert nur Dachbegrünungen, welche mehr als die gesetzlichen Mindestanforderungen erfüllen. Dabei kommen zum Beispiel intensive oder freiwillige Dachbegrünungen in Frage. Auch Begrünungen auf nicht obligatorisch zu renovierenden Dächern erhalten Unterstützung von der Stadt. Für den Erhalt von Fördergeldern muss ein Antrag beim entsprechenden Amt gestellt werden. Nach dem gleichen Prinzip arbeiten auch die Städte St. Gallen oder Zürich. Im Fall von La Chaux-de-Fonds oder Genf ist der Kanton für die Sprechung von Fördergeldern verantwortlich.

Anders sieht es mit der Subventionierung von Photovoltaikanlagen aus. Basel-Stadt zahlt zum Beispiel keine Beiträge für Photovoltaikanlagen aus, da bereits die Zertifizierungsstelle für Erneuerbare Energie des Bundes «Pronovo» Fördergelder bezahlt (Amt für Umwelt und Energie, Kanton Basel-Stadt, 2021). Ähnlich sieht dies bei Baden, Luzern und Winterthur aus. Diese Städte erhöhen diese Bundesgelder von Pronovo aber noch um einen gewissen Prozentsatz (siehe Tabelle 1).

Einige Städte zahlen keine Subventionen aus. Weder für Dachbegrünungen noch für Photovoltaikanlagen. Dies bedeutet nicht automatisch den Ausfall von Fördergeldern dieser Bewohner. Oftmals sind für Fördergelder auch die Kantone verantwortlich. Wie es wie bereits erwähnt in Genf oder La Chaux-de-Fonds der Fall ist. Auch die Tessiner Städte und Gemeinden erhalten ihre Fördermittel aktuell vom Kanton (Stand: April 2023).

Sehr spannend sind die Entwicklungen in der Stadt St. Gallen und Zürich. Die beiden Städte fördern aktuell als einzige in der Schweiz gezielt die Kombination von Dachbegrünungen und Photovoltaikanlagen auf Gemeindeebene. Dies mittels Subventionen und entsprechenden Kampagnen. In St. Gallen bereits seit Januar 2021 (Stadt St. Gallen, Umwelt und Energie, 2021) und in Zürich ganz neu seit Februar 2023 (ewz Netze, Stadt Zürich, 2023).

In der Ostschweizer Stadt werden Photovoltaikanlagen auf Flachdächern gefördert, welche mit einer qualitativen und für die Biodiversität wertvollen Dachbegrünung kombiniert werden.

Diese Förderung beinhaltet einen Zusatzbetrag von 20 Prozent des Leistungsbeitrages der Einmalvergütung (KLEIV ohne Grundbeitrag) des Bundes (Pronovo). Beitragsberechtigt sind nur Dachbegrünungen, welche die verschiedenen Anforderungen erfüllen, welche von der Dienststelle Umwelt und Energie der Stadt St. Gallen gefordert werden.

Die Stadt Zürich für ihren Teil bezahlt bei einer Kombination einer Photovoltaikanlage mit einer Dachbegrünung zusätzlich zum Grundbeitrag von 4'400.- weitere 250.-/kWp Fördergelder aus. Maximal jedoch ein Beitrag von 10'000 Schweizer Franken. PV-Anlagen auf Flachdächern mit einer Begrünung kombinieren zu müssen ist bereits seit 2015 im Artikel 11 der BZO geregelt.

Da nicht auf jede einzelne Stadt näher eingegangen werden kann, bietet die Tabelle 2 eine Übersicht über die Gesetze und Förderprogramme aller 17 analysierten Städte. Sie wurde in die drei Sprachgebiete der Schweiz eingeteilt und anschliessend alphabetisch geordnet. Die Gesetzesartikel in der Spalte «Gesetz» beziehen sich auf Erlasse für Dachbegrünungen.

Tabelle 2: Übersicht der behandelten städtischen Gesetze und Förderprogrammen

Stadt	Behörde	Förderprogramme	Gesetz
Deutschschweiz			
Baden	Klima und Umwelt Herr Christian Vogler & Frau Stefanie Wiesinger	DB: Keine (auf kantonaler Ebene) PV: Erhöhung der EIV des Bundes um 50% (Förderung PV, Stadt Baden)	§ 72 BNO (Bau- und Nutzungsordnung, 2016) Aktuell in Revision (Stand: 21.03.2023)
Basel	Stadtgärtnerei / Amt für Umwelt & Energie Frau Bettina Knobel	DB: Bei einer Umsetzung von mehr als den gesetzlichen Anforderungen, kann ein Subventionsantrag gestellt werden PV: Keine	§ 72 BPG (Bau- und Planungsgesetz, 2022) ¹
Bern	Stadtgrün Bern, Stadtplanungsamt oder Bauinspektorat Jens-Christian Knoll	DB: Keine PV: Ja (Richtplan Energie Stadt Bern, EWB)	Art. 7 BO (Bauordnung, 2021)
Chur	Departement Bau Planung Umwelt Nicht für eine Stellungnahme erreichbar	DB: Keine PV: Keine (auf kantonaler Ebene)	Keine gesetzliche Grundlage
Luzern	Bauamt / Umweltschutz Frau Marie-L. Kieffer & Herr Tobias Ammann	DB: Kostenlose Beratungen durch Projekt «Luzern grünt» und mögliche Subventionen je nach ökologischem Potenzial PV: Erhöhung der EIV des Bundes um 20% (Förderung PV, Stadt Luzern)	Art. 77 BZR (Bau- und Zonenreglement, 2022) Noch nicht abschliessend abgenommen (Stand: 13.03.2023)

St. Gallen	Umwelt & Energie Herr Fredy Zaugg Stadtgrün St. Gallen Herr Florim Sabani	DB: Ja (Fond «Deponie Tüfen-tobel») Gesetzliche Vorgaben werden nicht subventioniert PV: Subventionen von Photovoltaikanlagen bis 100 kWp aus dem Energiefond (ergänzend zum Beitrag des Bundes) Zusätzliche Subventionen bei Kombination von PV und DB	Art. 33 Abs. 2 BO (Bauordnung, 2018)
Winterthur	Stadtgrün Winterthur Frau Jacqueline Prasser	DB: Keine PV: Erhöhung der EIV des Bundes um 50%, wenn Solarstromanlagen kleiner 30kWp (Förderprogramm «Energie Winterthur»)	Art. 74a BZO (Bau- und Zonenordnung, 2022)
Zürich	Amt für Baubewilligungen & Grünstadt Zürich Herr Michael Hagenauer	DB: Freiwillige Begrünungen gemäss «Mehr als Grün» Förderprogramm sowie kostenlose Beratungen; BZO-pflichtige Bauvorhaben sind von Förderbeiträgen ausgenommen PV: Ja (PV Förderung Stadt Zürich, EWZ) Die Kombination von Photovoltaik und Dachbegrünung wird zusätzlich subventioniert	Art 11 ³³ Abs. 1 BZO (Bau- und Zonenordnung, 2022)
Romandie			
Biel	Stadtplanung Biel Frau Erika Loser	DB: Keine PV: 2 Rappen / kWh bei Einspeisung ins EBS-Netz (EBS) & 30%-Beteiligung der Investitionskosten bei PV-Anlagen auf städtischen Dächern bei der Solargenossenschaft Biel	Keine gesetzliche Grundlage
Freiburg	Bauinspektorat Herr Christophe Crausaz	DB: Keine PV: Ca. 5% der Installationskosten (max. 4'000 CHF.-)	Art. 342 RCU (Règlement communal d'urbanisme, 2022)
¹ Genf	O CAN Frau Géraldine Chollet	DB: Ja, «Nature en ville» (auf Kantonsebene; übernimmt bis zu 50% der Kosten) PV: Ja	Keine gesetzliche Grundlage
La Chaux-de-Fonds	Service de l'urbanisme, des mobilités et de l'environnement Frau Anne-Véronique Robert	DB: Keine PV: Keine (auf Kantonsebene)	Art. 203 Abs. 2 RAC (ZM) Art. 215 Abs. 2 RAC (ZI) (Règlement d'aménagement communal, 2019)

Lausanne	Service des parcs et domaines <i>Frau Pascale Aubert</i> Division Politique énergétique <i>Herr Stéphane Guex</i>	DB: 2015 bis 2022 erhielten Private Subventionen in der Höhe von 40 CHF- / m2 bei Neubauten und Renovationen PV: Keine (Nur für thermische Sonnenkollektoren)	Städtische Richtlinien für die extensive Dachbegrünung auf Gebäuden, 2018 <i>Diese Richtlinien gelten nur für die gemeindeeigenen Gebäude</i> <i>Generalnutzungsplan (Plan Général d’Affectation)</i> <i>Aktuell in Revision (Stand: 13.03.2023)</i>
Sitten	Urbanisme et mobilité	DB: Keine PV: Keine	Keine gesetzliche Grundlage
Tessin			
Bellinzona	Servizi urbani e ambiente <i>Nicht für eine Stellungnahme erreichbar</i>	DB: Keine PV: Keine (auf Kantonsebene)	Keine gesetzliche Grundlage
Locarno	Divisione urbanistica e infrastruttura <i>Herr Conforto Luigi</i>	DB: Keine PV: Keine (auf Kantonsebene)	Keine gesetzliche Grundlage
Lugano	Ambiente e energia <i>Herr Jody Trinkler</i>	DB: Keine PV: Keine (auf Kantonseben)	Keine gesetzliche Grundlage <i>Eine Einführung ist aktuell in Prüfung (Stand: 20.03.2023)</i>

¹Gesetz/Zuständigkeit auf Kantonsebene

Ausnahmen

Da nun die verschiedenen Gesetzesgrundlagen bekannt sind, stellt sich die Frage, warum nicht auf allen Flachdächern eine Begrünung realisiert wird. Speziell in Städten mit eben einer solchen Gesetzgebung. Dies lässt sich zum einen Teil dadurch erklären, dass diese Gesetze nur bei Neu- und Umbauten sowie Renovationen greifen. Zum anderen gibt es auch einige Ausnahmen, welche im Folgenden erläutert werden.

Es gibt Fälle, in welchen Dachbegrünungen nicht realisiert werden müssen, können oder sogar dürfen. Solche Ausnahmen, wie zum Beispiel die Nutzung des Flachdaches als begehbare Terrasse, stehen meist auch in den einzelnen Gesetzesartikeln beschrieben (siehe Tabelle 3).

Wird beispielsweise der Gesetzesartikel 72 im Bau- und Planungsgesetz von Basel näher betrachtet, heisst es darin, dass ungenutzte Flachdächer begrünt werden müssen. Der Begriff «ungenutzt» wird dabei nicht näher beschrieben und es sind auch keine Beispiele von Ausnahmen gesetzlich festgehalten. Inwiefern definiert sich also der Begriff «ungenutzt»? Ist ein

Flachdach erst durch direkte anthropogene Begehung als genutzt eingestuft oder ist auch eine Nutzung durch eine PV-Anlage ein genutztes Flachdach?

Gemäss Frau Bettina Knobel, Projektleiterin Naturschutz der Stadtgärtnerei Basel-Stadt wird unter «genutzt» die anthropogene Nutzung, wie Terrassen, Sportplätze, Parkdecks oder aber interessanterweise auch die Nutzung durch Photovoltaik verstanden. Dies bedeutet also, dass bei einer Installation einer Photovoltaikanlage keine Dachbegrünung realisiert werden müsste. Doch obwohl PV-Anlagen in Basel als «genutzt» gelten, betont Frau Knobel, dass Kombinationen von Begrünungen und Photovoltaikanlagen angestrebt werden. Die gängige Praxis in Basel sieht eine vollflächige PV-Belegung mit darunterliegender Begrünung oder aber eine Aufteilung in Dachbegrünung und flachliegende PV-Module auf 40 beziehungsweise 60 Prozent der Flachdachfläche vor. Sehr ähnlich sieht es in St. Gallen aus.

Grundsätzlich sind Ausnahmen immer gesetzlich festgehalten. Es kommt jedoch auch relativ oft zu Ausnahmen, welche nicht klar im Gesetz verankert sind. Durch den Kontakt mit den Behörden konnten einige Beispiele gesammelt werden. Kann eine Begrünung aus Sicht des Eigentümers oder der Bauherrschaft aus einem bestimmten Grund nicht realisiert werden, ist ein schriftliches Gesuch beim Gemeinderat oder dem entsprechenden Stadtamt zur Bewilligung einzureichen. In gewissen Fällen würde die Realisierung einer Dachbegrünung zu Konflikten mit anderen Gesetzen führen. Wieder andere Ausnahmen sind mit gesundem Menschenverstand zu erklären. Welche Gründe gibt es, die trotz Gesetzesgrundlage, gegen eine Dachbegrünung sprechen? Was sind die Erfahrungen der Behörden?

Einer dieser Gründe könnte zum Beispiel die Statik eines Flachdaches sein, welche eine Begrünung nicht zulässt, da eine Beschwerung durch Substrat und Pflanzen zu schwer wäre. In solchen Situationen werden zuerst Leichtbaubsubstrate für jenes Flachdach geprüft. Bei nicht behebbarer mangelnder Statik der Dachkonstruktion wird eine Begrünung schlussendlich abgelehnt. Müsste das Dach jedoch totalsaniert werden, muss eine Begrünung angebracht werden. Andere Gründe sind betriebliche oder finanzielle Situationen, in welchen Dachbegrünungen wirtschaftlich nicht tragbar sind durch den Eigentümer. Noch ein wichtiger Grund gegen die Begrünung von Gebäuden liefert ein anderes Gesetz. In vielen Städten sind Häuser in der Altstadtzone sowie Gebäude unter Kultur- oder Denkmalschutz sowie Bestandsbauten vom Dachbegrünungsgesetz ausgenommen.

Gesuche gegen eine Dachbegrünung müssen immer schriftlich eingereicht und von der zuständigen Instanz bewilligt werden. In kritischen und ungelösten Fällen regelt je nach Stadt jeweils die Baubewilligungsbehörde oder Stadtrat am Schluss. Grundsätzlich wird immer eine Erfüllung des Gesetzes angestrebt und nur in Ausnahmesituationen wie beschrieben auf eine Begrünung verzichtet.

Gemäss Behörden aus Städten ohne Dachbegrüpfungspflicht ist für viele Eigentümer oftmals der erhöhte Pflege- und Kostenaufwand auf ihrem potenziellen Gründach ein Grund, welcher gegen eine Realisierung spricht. Die Eigentümer erkennen den eigenen Nutzen einer Begrüpfung oftmals nicht. Ganz im Gegensatz zu einer Photovoltaikanlage. In Städten mit solchem Gesetz wäre dies kein legitimer Grund, sich gegen eine Flachdachbegrüpfung wehren zu können. Solche Einwände und Beschwerden werden nicht als Ausnahmegewilligungen anerkannt.

Auch für Frau Aubert von der Stadt Lausanne, ist der Pflegeaufwand sicherlich mit ein Grund, dass Flachdächer in ihrer Stadt nicht immer begrünt werden. «Die Vegetation auf einem Dach benötigt eine höhere Anzahl an Überprüfungs- und Verwaltungsdurchgängen». In Biel haben die Behörden weniger Erfahrung in diesem Bereich. Man kann sich den Pflegeaufwand aber gut als Hauptgrund für nicht realisierte Dachbegrünungen vorstellen. Gemäss Frau Loser mangelt es noch an der benötigten Sensibilisierung der Bauherrschaft sowie der Bevölkerung.

Die Gesetzeslage bezüglich Photovoltaikanlagen und Dachbegrünungen in der Schweiz sowie mögliche Gründe gegen ihre Realisierung sind nun bekannt. Wie aber sieht es mit der Kombination der beiden Techniken aus? Für diese Fragestellung, also wie mit der Flächenbegrenzung auf Dächern beziehungsweise mit der Kombination von Begrünungen und PV-Anlagen in der Schweiz umgegangen wird, sollen die nachfolgenden Zeilen einen Überblick verschaffen. Muss eine Dachbegrüpfung einer PV-Anlage weichen oder umgekehrt? Ist sogar eine Kombination in gewissen Städten gesetzlich festgehalten?

Aktuell gibt es keine Schweizer Stadt, in welcher explizit eine Kombination aus Dachbegrüpfung und Photovoltaik gesetzlich verlangt wird. Die Städte Baden und Luzern jedoch, werden in naher Zukunft, wie bereits erwähnt, je ein Gesetz in diese Richtung veröffentlichen.

Im Fall von Basel wissen wir bereits, dass es keine gesetzliche Grundlage für eine Kombination gibt, sie jedoch von der Stadt gefördert wird. Ähnlich ist die Praxis in St. Gallen, wo ab einer Flachdachfläche von mehr als 100m² obligatorisch begrünt werden muss. Eine Kombination mit Photovoltaik wird von der Stadt zwar empfohlen, aber nicht verlangt. Andersherum kann eine Begrüpfung auch aufgehoben werden, wenn auf eine vollflächige Belegung mit Solarpanels seitens Eigentümer bestanden wird. Dabei muss aber im Mindesten die Retention des Wassers auf dem Dach gewährleistet werden.

Dieser «Flächenkonflikt», zwischen Photovoltaik und Dachbegrüpfung, ist in Winterthur und Zürich ausdrücklich im Gesetz geregelt. Beide Städte legen die Regelung dabei ähnlich aus. Gemäss Gesetzesvorlage der Stadt Zürich (Art. 11 Abs. 1 BZO) muss ein Flachdach immer

begrünt werden, auch wenn die Eigentümer eine PV-Anlage auf der Dachfläche planen. Auch in Winterthur entbindet eine PV-Anlage, gemäss Artikel 74a der BZO, grundsätzlich nicht von der Dachbegrünungspflicht. Dies bestätigt auch Jens-Christian Knoll, Projektleiter Freiraum des Stadtplanungsamts der Stadt Bern. In der Berner Nutzungsordnung steht dies jedoch nicht ausdrücklich schwarz auf weiss geschrieben. In diesen Städten dürfen PV-Anlagen also vernachlässigt werden, nicht aber Dachbegrünungen.

In La Chaux-de-Fonds und Freiburg wiederum ist die Kombination nicht gesetzlich verpflichtend. In erst genannter Stadt kann der Gemeinderat bei der Anbringung von Solarpanels über eine Aufhebung der Dachbegrünungspflicht diskutieren. Grundsätzlich gilt eine Photovoltaikanlage aber als Nutzung, womit eine Dachbegrünung nicht realisiert werden müsste. Das Gesetz in Freiburg lässt dabei noch mehr Spielraum offen. Wird der Artikel 342 Absatz 2 näher betrachtet, müssen Dächer ab 20m² zwar begrünt werden, diese Regelung kann jedoch verworfen werden, sollte eine Photovoltaikanlage installiert werden (siehe Tabelle 2).

Auch in Lausanne wird auf gemeindeeigenen Gebäuden, gemäss den städtischen Richtlinien, die Kombination von Photovoltaik und Dachbegrünung vorgezogen. Sofern sie technisch und wirtschaftlich realisierbar sind. Trotzdem kann eine Dachbegrünung ausser Acht gelassen werden, sollte eine flächendeckende Photovoltaikanlage geplant sein.

Im Grossen und Ganzen gibt es also auch zwischen den Städten mit Gesetzesgrundlagen zu Dachbegrünungen und Photovoltaikanlagen grosse Differenzen. Einzige Gemeinsamkeit zwischen allen Gesetzen ist, dass für alle Städte keine Unterschiede zwischen Privat- und Firmeneigentum beziehungsweise zwischen Eigentümer oder Bauherrschaft gemacht werden. Die Gesetze beziehen sich jeweils auf die Baute und nicht auf die Eigentumsverhältnisse. Sie sind also grundeigentümergebunden. Die Bauherrschaft ist dem Dachbegrünungsgesetz ihrer Stadt grundsätzlich immer verpflichtet. Diese Regelung ist in allen Gesetzen von Schweizer Städten ausnahmslos identisch.

Die Tabelle 3 bietet eine Übersicht über die Städte mit einer Dachbegrünungspflicht. Die jeweiligen Ausnahmen der Gesetze werden in der letzten Zeile dargestellt. Die Artikel und Ausnahmen in der Tabelle sind dabei nicht wortwörtlich, gemäss Gesetz, wiedergegeben. Da die städtischen Richtlinien von Lausanne kein Gesetz darstellen und nur für gemeindeeigene Gebäude zählen, werden sie nicht in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 3: Auslegung der Gesetze und deren Ausnahmen

Stadt	Gesetz	Auslegung	Ausnahmen
Deutschschweiz			
Baden	§ 72 BNO	Flachdächer sind extensiv zu begrünen	Ausser bei Nutzung als begehbbare Terrassenfläche
Basel	§ 72 BPG	Ungenutzte Flachdächer sind mit Vegetationsschicht zu bedecken	Nicht klar definiert
Bern	Art. 7 BO	Flachdächer sind zu begrünen	Ausser bei Nutzung als Terrasse oder Oblichter
Luzern	Art. 77 BZR	Flachdächer ab 25m ² vollflächig mind. extensiv zu begrünen <u>und</u> durch PV-Anlagen energetisch zu nutzen. Begrünung und energetische Nutzung betragen <u>je</u> mind. 30% der <u>nicht</u> begehbbaren Fläche	Ausser bei begehbbaren Flächen
St. Gallen	Art. 33 Abs. 2 BO	Flachdächer mit mehr als 100m ² sind zu begrünen	Nicht gesetzlich festgehalten
Winterthur	Art. 74a BZO	[...] Flachdächer sind mit einer [...] Vegetationsschicht, [...] zu begrünen. Solaranlagen entbinden grundsätzlich nicht von dieser Pflicht.	Ausser bei Nutzung als begehbbare Terrassenfläche
Zürich	Art 11 ³³ Abs. 1 BZO	[...] Flachdächer sind ökologisch zu begrünen, auch dort wo Solaranlagen installiert sind. [...] soweit dies technisch und betrieblich [...] tragbar ist	Ausser bei Nutzung als begehbbare Terrassenfläche
Romandie			
Freiburg	Art. 342 RCU	Dächer mit [...] mehr als 20m ² und einer Neigung von nicht mehr als 15 Grad müssen begrünt [...] <u>und/oder</u> mit photovoltaischen Solarzellen belegt werden.	Ausser bei statischen Zwängen oder PV-Anlage
La Chaux-de-Fonds	Art. 203 Abs. 2 RAC (ZM) Art. 215 Abs. 2 RAC (ZI)	Die Dächer müssen begrünt werden	Bei PV oder ausgebauten Dächern <u>kann</u> der Gemeinderat auf die Begrünung verzichten

Wie bereits erwähnt wurde bei der Auswahl der behandelten Gemeinde auf die Grösse der Stadt sowie über eine Verteilung über die ganze Schweiz geachtet (siehe Abbildung 4). Die vorgestellten Städte sind keineswegs eine abschliessende Gesamtheit aller Städte mit Gesetzen zu Dachbegrünung und/oder Photovoltaikanlagen. Sie sollen lediglich helfen einen Gesamtüberblick über den aktuellen Stand der Praxis in der Schweiz zu erhalten.

Gemäss Recherchen gibt es viele weitere Städte aber auch kleinere Gemeinden mit entsprechenden Auflagen. Ortschaften wie Uster oder Dübendorf sowie auch Baar, Zuchwil oder Vitznau sind nur einige Beispiele mit entsprechenden Gesetzgrundlagen auf kommunaler Ebene.

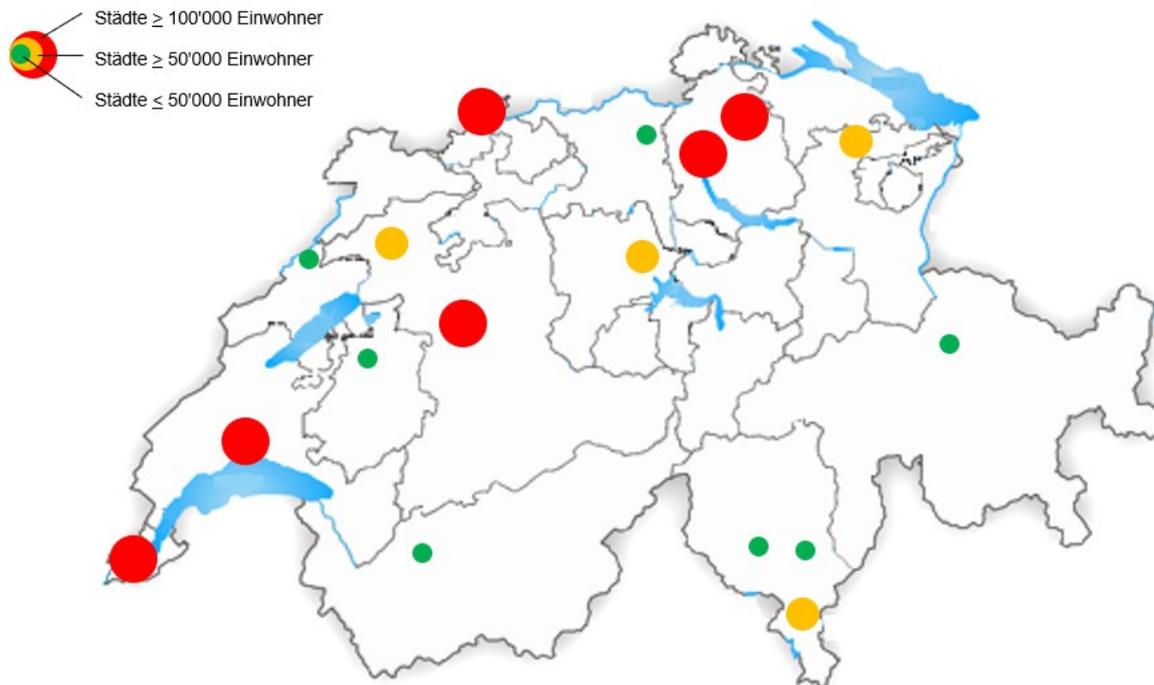


Abbildung 4: Behandelte Schweizer Städte
Quellen: Bild; VFFG, abgeändert / Daten; Bundesamt für Statistik

4.1.2 Praxisbeispiele von Kombinationen

Vorurteile gegenüber Photovoltaik und vor allem gegenüber Dachbegrünungen auf Gebäudedächern halten sich hartnäckig. In der Tat können falsche Bepflanzungen zu Verschattungen der Module und somit zu erheblichen Ertragseinbussen und hohen Pflegekosten führen. In den letzten Jahren wurde aber viel in dem Bereich geforscht und ausprobiert. Durch korrekte Planung können Bilder wie in Abbildung 5 vermieden und die Vorteile von Kombinationen sogar noch verstärkt werden. Schweizweit wurden bereits viele Kombinationen erfolgreich realisiert. Sowohl im öffentlichen als auch im privaten Sektor. Die folgenden vorgestellten und analysierten Beispiele sind nur eine kleine Auswahl. Sie werden von den Meinungen und Erfahrungen der Eigentümer und Verantwortlichen begleitet.



Abbildung 5: Gutes Beispiel einer schlechten Umsetzung eines Solar-Gründaches
Quelle: Prof. Dr. Hartmut Nussbaumer und Dr. Markus Klenk; bullentin.ch

Eine Kombination von Photovoltaik und Dachbegrünung kann grundsätzlich auf jedem Flachdach angebracht werden, solange die technischen Voraussetzungen und die Statik erfüllt sind. Dies zeigen die folgenden Praxisbeispiele. Sie unterscheiden sich zum Teil stark in ihrer Grösse, den Kosten und dem Pflegeregime.

Grossflächige Gebäude enteignen der Natur mehr Boden und tragen deswegen auch eine grössere Verantwortung für ausreichende Ausgleichmassnahmen. Der Flughafen Genf geht dabei mit gutem Beispiel voraus. In mehreren Etappen wird auf dem Neubau der 6'000 Quadratmeter grossen Gepäcksortieranlage eine Kombination von Dachbegrünung und Photovoltaik realisiert. 930m² soll in Form von PV-Module genutzt werden. Dies lässt eine grosse Restfläche für eine reine Dachbegrünung offen. Das Hauptziel des Projekts ist die Förderung der Biodiversität. Anhand der bereits etablierten Blumenwiese auf dem Flughafengelände, erhoffen die Verantwortlichen sich eine schnelle Ausbreitung von bedrohten Tier- und Pflanzenarten auf das Dach. Ein Grossteil des Projekts wurde über das Programm «Nature en ville» des Kanton Genfs subventioniert (siehe Kapitel 4.1.1). Die vom Programm festgelegten Kriterien wurden dabei vom Flughafen Genf allesamt erfüllt (Genève Aéroport, 2022).

Auch der grösste Flughafen der Schweiz, der Flughafen Zürich kann Kombinationen aus Photovoltaik und Dachbegrünung aufweisen. Die 1861 installierten Module mit einer Jahresleistung von 650'000 kWh wurden zusammen mit einer einheimischen Fetthennen-Bepflanzung auf den Gebäuden des im Herbst 2020 eröffneten Circle platziert. Gemäss dem Facility Manager des Circle, etablierte sich diese extensive Begrünung aber nicht wie gewünscht als geschlossene Pflanzendecke. Es kommt regelmässig zu Verschattungen in den relevanten Zonen durch Fremdbewuchs. Ein hoher Kosten- und Pflegeaufwand resultierte.

Mit der Photovoltaikanlage sind die Betreiber jedoch grundsätzlich zufrieden. Die Kombination wurde aufgrund der LEED-Zertifizierung (Leadership in Energy and Environmental Design) realisiert. Im Nachhinein würden die Verantwortlichen die Kombination anders realisieren. Sie würde erst dann wieder in Betracht gezogen werden, wenn die Dacheindeckung und Substrathöhe korrekt für die gewünschte Bepflanzung ausgelegt würden.



Abbildung 6: Der Circle des Flughafen Zürich
Quelle: Flughafen Zürich

Auf noch grösserer Dachfläche begrünete die Stadler Rheintal AG ihr neu erbautes Werk mit Produktions- und Lagerflächen in St. Margrethen im Jahr 2019. Auf einer Fläche von total 22'000 Quadratmetern wurde eine ökologische Begrünung auf dem Neubau realisiert, wobei 6'000 Quadratmetern dieser Fläche mit Solarpanels kombiniert wurde. Die Aufständigung der Photovoltaikanlage erlaubt eine effiziente Wasserretention durch die Dachbegrünung und ausserdem eine effiziente Pflege der Begrünung und der Module. Ein Teil der Module wurde in Ost-West und V-Form erbaut, während ein zweiter Teil von Modulen gegen Süden ausgerichtet wurde (Energieagentur St.Gallen GmbH, 2022). Insgesamt deckt sie gemäss Stadler einen Viertel des gesamten Strombedarfs des Standorts (Stadler Rail AG, o. J. & eecomm GmbH, 2019). Gemäss Diego Granig, Teamleiter Facility Management, bei der Stadler Rheintal AG ist man optimal zufrieden mit der Umsetzung. Für den Unterhalt und die Pflege der Dachfläche

werden bei Stadler Rheintal AG ungefähr 25'000 Schweizer Franken jährlich aufgewendet. Die Arbeitsstunden pro Jahr betragen ungefähr 50 Stunden pro Are intern sowie weitere 80 Stunden pro Are jährlich, welche von externen Firmen geleistet werden. Somit müssen jährlich ungefähr 28'600 Stunden Arbeitsaufwand aufgebracht werden, welche sich durch die hohe Stromproduktion rechtfertigen lassen.

Ähnlich sieht es auf dem Dach der Migros in Beringen im Kanton Aargau aus. Gemäss Timo Rothmund, Leiter Gebäudetechnik der Genossenschaft Migros Ostschweiz, liegt auch auf dieser Dachfläche der Fokus auf einem hohen Stromertrag durch die PV-Anlage. Das Dach des Neubaus wurde wie auch in St. Margrethen zusammen geplant. Dachbegrünung und Photovoltaik wurden aufeinander abgestimmt. Bei der Planung und der Pflege wurde besonders darauf geachtet, dass die Begrünung die PV-Anlage nicht beschattet. Die Pflege wird extern in Auftrag gegeben. Auf Anfrage sind die Verantwortlichen der Dächer in St. Margrethen sowie in Beringen hochzufrieden mit ihrer Anlage und würden auch ohne gesetzliche Verpflichtung sofort wieder eine solche Kombination realisieren. Im Falle der Migros wurden für die Photovoltaikanlage die Fördergelder von Pronovo abgeholt.

Ein weiteres Grossprojekt und zugleich für eines der bekanntesten Schweizer Beispiele für eine erfolgreiche Dachbegrünung steht der Uetlihof der Credit Suisse in Zürich Wiedikon. Das Betriebsgebäude weist mit über 100 Pflanzenarten eines der artenreichsten Dächer in Zürich auf (Ginger Hebel, 2020). Auch sehr erfolgreich in der Umsetzung einer naturnahen Begrünung sowie Solarzellen stellt das «Les halles de Beaulieu» in Lausanne dar. Das Dach der südlichen Beaulieu-Hallen beweist, dass erfolgreich Naturschutz und Stromproduktion zu vereinen ist. Auf einer totalen Fläche von 3000 Quadratmeter wird effizient Energie gefördert, während gleichzeitig rund 80 Pflanzen und verschiedene Tierarten das Dach ihr Zuhause nennen können. Zweiteres wurde vor allem durch das Anbringen von verschiedenen Strukturen wie Totholz-, Steinhäufen und Wasserstellen erreicht (Ville de Lausanne, 2018b).

Mit dem Unterwerk der EWZ in Oerlikon und der ABZ Siedlung Ruggächern in Affoltern stehen zwei weitere Solar-Gründächer beziehungsweise eine ganze Überbauung in der Stadt Zürich. Im Falle der ABZ werden bereits seit längerer Zeit freiwillig Photovoltaikanlagen und Dachbegrünungen kombiniert umgesetzt, so Frau Stefanie Gubler, die Fachspezialistin Ökologie der ABZ. Bereits vor der gesetzlichen Regelung in der Stadt Zürich. Der ABZ ist der Pflegeaufwand eines Kombinationsdaches bewusst und Frau Gubler beteuert wie wichtig eine korrekte Wahl des eingesetzten Substrates und Einsaat ist. Dabei wird ein wichtiger Grundstein gelegt. Der Pflegeaufwand variiert je nach ABZ-Standort zwischen einem bis drei Pflegeeinsätzen.

Sehr spannend ist die Situation bei einem Neubau an der Restelbergstrasse 71 in Zürich. Die Wohnüberbauung mit Flachdach wurde im Herbst 2023 mit einer extensiven Dachbegrünung fertiggestellt. Spannend ist die Situation deswegen, weil keine Photovoltaikanlage für das Flachdach geplant wurde. Wie bereits bekannt müssen Flachdächer bei Neubauten in der Stadt Zürich, gemäss Artikel 11 BZO begrünt werden (siehe Tabelle 2). Auch bei der Planung einer PV-Anlage darf die Begrünung nicht weichen, sondern es muss eine Kombination umgesetzt werden. Es stellt sich die Frage, ob für die Überbauung von Beginn weg keine Solarmodule eingeplant waren oder ob allfällige Pläne aufgrund der Begrünungspflicht und dem damit erhöhten Aufwand verworfen wurden? Leider konnte auf Anfrage bei Grünstadt Zürich und beim zuständigen Architekturbüro keine Antworten erhalten werden.

2017 und 2019 wurde das Alters- und Spitexzentrum IMWIL in Dübendorf um je ein Gebäude erweitert. Auf dem höheren der beiden Neubauten wurde dabei eine Kombination aus Photovoltaik, thermischer Solaranlage sowie einer Dachbegrünung realisiert. Auf dem kleineren wurde auf Sonnenkollektoren verzichtet, da es die meiste Zeit des Tages vom höheren Gebäude überschattet wird. Nichtsdestotrotz wurde auch auf diesem Gebäude eine Dachbegrünung realisiert. Zu Beginn wurde der gewonnene Strom der 224m² grossen Photovoltaikanlage ins öffentliche Stromnetz eingespeisen und in ganz Dübendorf verteilt. Seit März 2021 jedoch wird der gesamte Gewinn für das Alterszentrum genutzt (Zentrumszeitung IMWIL, 2021). Gemäss Herrn Kautz vom technischen Dienst können dadurch 80% des Strombedarfs dieses Gebäudes durch die eigene Anlage gedeckt werden. Auch wenn der Stromertrag im Winter abnimmt und die jährlichen Kosten für die Begrünungspflege sich extern auf 40'000 Schweizer Franken beläuft, würden die Verantwortlichen wieder eine Kombination realisieren. Herr Kautz lässt vermuten, dass auch die Energiegewinnung aus der Windkraft oder der Ausbau der PV-Anlagen auf den erhöhten Dächern des Zentrums in Zukunft ein Thema werden könnten.



Abbildung 7: Solarsystem Alterszentrum IMWIL
A) Photovoltaikanlage mit thermischer Solaranlage im Hintergrund auf dem Neubau des Alterszentrums,
B) Wechselrichter für Photovoltaikanlage
Quelle: Bilder von Yannick Meister

Dass Kombinationen von Sonnenkollektoren und Dachbegrünung auch auf kleinen Flächen realisierbar und von Nutzen sind, zeigt das letzte hier vorgestellte Beispiel von Herrn Heiniger aus Dübendorf. 2014 hat er sein Reiheneinfamilienhaus mit lediglich zwei Kollektoren bestückt. Die Module von Herr Heiniger erzeugen jedoch keine Energie wie bei einer PV-Anlage, sondern werden, wie auch bei der einen Hälfte des Alterszentrums, für die Aufbereitung von warmem Wasser genutzt. Die Kollektoren arbeiten zusammen mit einer Gasheizung, welche eingreift, wenn die Sonnenenergie nicht ausreicht. Im späten Frühling und vor allem im Hochsommer kommt er praktisch ohne zusätzliches Gas aus, während im eher Winter nachgeholfen werden muss. Natürlich hängt dies auch vom Tag ab. Gemäss Herrn Heiniger konnten die Kosten für Gas seit der Installation um 30% gesenkt werden.

Als 2019 das Dach saniert werden musste, entschied sich Herr Heiniger zugunsten einer zusätzlichen Dachbegrünung. Zum Zeitpunkt der Renovation hiess es gemäss der damaligen aktuellen Bauordnung der Stadt Dübendorf, dass Flachdächer begrünt werden sollten. Eine erhöhte Effizienz der Kollektoren konnte Herr Heiniger nach der Begrünung zwar nicht feststellen. Aufgefallen sind ihm aber die vermehrten und auch unterschiedlicheren Vögel im Garten, seit das Dach bepflanzt wurde, was ihn persönlich sehr erfreut. Auch der Unterhalt der Dachgrünfläche verlangt Herr Heiniger nicht viel ab. Alle paar Wochen besichtigt er das Dach auf eigene Faust und jätet Unkräuter oder schneidet Gräser zurück. Somit müssen keine Arbeiten extern vergeben und es können Kosten eingespart werden.



Abbildung 8: Kombination auf Einfamilienhaus von Herr Heiniger
Quelle: Yannick Meister

5 Diskussion

Wie die Literaturrecherche hervorheben konnte, bieten Dachbegrünungen und Photovoltaikanlagen verschiedene Vorteile. Die Kühlung der Dachfläche, Lebensraum für Tier- und Pflanzenarten und natürlich die Stromgewinnung, um nur drei davon zu nennen. Fachlich korrekt umgesetzte Kombinationen der beiden Techniken haben zudem positiven Einfluss aufeinander. Kurz zusammengefasst wird der Ertrag der Solarmodule durch die Kühlung der Dachbegrünung gesteigert, während gleichzeitig Nischen für die Biodiversität durch die Solarpanels geschaffen werden. Sie stehen in einer sogenannten Synergie zueinander.

Vor allem im Bereich der Photovoltaik entwickelte sich in den letzten Jahren ein regelrechter Boom. Nicht zuletzt wurde dieser Trend durch die Befürchtung eines Energiemangels aufgrund Lieferengpässen oder sogar dem Ausbleiben von Rohstoffen weiter geschürt. Grundsätzlich ist ein solcher Boom ein erfreulicher Ausblick. Mit dem zunehmenden Ausbau der erneuerbaren Energien, in dieser Arbeit im Fall der Photovoltaik, kann die Abhängigkeit von Kohle, Gas und Erdöl gesenkt und der CO₂-Ausstoss schrittweise reduziert werden. Gleichzeitig kann die Abhängigkeit vom Ausland gesenkt werden. Die Idee von Stromerzeugung auf dem eigenen Hausdach oder sogar von komplett energieautarken Eigenheimen wird je länger, je beliebter. Aber nicht nur die Photovoltaik, sondern auch die Dachbegrünungen befinden sich im Aufwind, was sich beispielsweise anhand des Satellitenbildes von Google Maps erkennen lässt. Wird dabei über Schweizer Städte gefahren, ist klar ersichtlich, dass bereits viele Flachdächer begrünt und regelmässig gleichzeitig mit PV-Modulen ausgestattet sind. Es lässt sich aber auch erkennen, dass noch viel mehr erreicht werden kann. Für weitere Dachbegrünungen steht noch viel Fläche zur Verfügung. Auch das Potenzial für den Ausbau von PV-Anlagen in der Schweiz ist definitiv noch nicht ausgeschöpft (Anderegg et al., 2022).

Einen überaus wichtigen Punkt, welchen es zu beachten gilt, ist die Vereinbarung dieses Ausbaus mit den Zielen der Biodiversität. Der Ausbau der erneuerbaren Energien darf den Zielen der Biodiversität nicht übergestellt werden und sie darf unter dem Boom nicht noch stärker leiden als sie es bereits tut. Ihr muss genauso viel Beachtung geschenkt werden wie der Photovoltaik. Vor allem in den aktuellen Zeiten des PV-Booms, dürfen die Biodiversitätsziele auf keinen Fall aus den Augen verloren werden. Aus diesem Grund sind Gesetze zur Kombination der beiden Techniken, wie sie in der Stadt Luzern gerade umgesetzt werden, meiner Meinung nach, ein Schritt in die richtige Richtung (siehe Kapitel 4.1.1). Es wäre sicherlich sinnvoll, wenn andere Städte mit ähnlichen Gesetzen wie der Innerschweizer Stadt nachziehen würden.

Das Studieren der Gesetzesartikel zeigt eindeutig auf, dass noch nicht alle Schweizer Städte und Gemeinden auf demselben Niveau sind wie Luzern (siehe Kapitel 4.1.1). Viele davon gehen jedoch in eine ähnliche Richtung (siehe Tabelle 2). Vor allem in den grösseren Städten. Zürich beispielsweise kennt eine Dachbegrünungspflicht, welche für alle Renovationen, Um- und Neubauten gilt. Sie dürfen auch bei einer geplanten PV-Anlage nicht weichen. Nur bei einer anthropogenen Nutzung wie einer Terrasse dürfen Dachbegrünungen vernachlässigt werden. Eine PV-Pflicht wiederum besteht in Zürich nicht. Etwas anders sieht es in Basel aus. Hier werden Solarmodule als Nutzung betrachtet, was bedeutet, dass bei einer Umsetzung einer PV-Anlage die Dachbegrünung theoretisch weichen müsste oder vernachlässigt werden kann. Jede Stadt mit gesetzlichen Grundlagen zu diesen Themen, legt die Regelungen verschieden aus. Andere wiederum haben keine Verpflichtungen dazu. Aber auch in diesen, meist kleineren Städten und Gemeinden, lassen sich Fortschritte erkennen. Potenzielle gesetzliche Verpflichtungen werden in Betracht gezogen und diskutiert. Auch werden bestehende revidiert und dem aktuellen Stand angepasst, wie das Beispiel von Baden aufzeigt.

Solche Gesetze werden meiner Meinung nach unbedingt benötigt, damit Flachdachflächen auch in Zukunft sinnvoll genutzt werden. Aus den Gesprächen mit den Stadtbehörden konnten viele persönliche Meinungen und Erfahrungen eingeholt werden. Vor allem die Aussagen von Verantwortlichen aus Städten ohne Dachbegrünungspflicht haben aufgezeigt, wie wichtig der Erlass von solchen Gesetzen ist. Aus ihrer Sicht ist es sehr gut möglich, dass Dachbegrünungen aufgrund der Problematiken, welche in Kombination mit Photovoltaikanlagen auftreten können, nicht sehr beliebt sind bei Eigentümern und Bauherrschaften. Die erhöhten Kosten in der Umsetzung sowie der anschliessende Unterhalt eines Gründaches sind vielen Anwohnern ein Dorn im Auge. Selbstverständlich können durch das Weglassen der Dachbegrünung aus Sicht des Eigentümers oder der Bauherrschaft jeweils Kosten und Mühe gespart werden. Dies ist definitiv mit ein Grund, warum man sie in Städten ohne entsprechendes Gesetz weniger sieht. Aus meiner Sicht lässt sich auch erkennen, dass in der Praxis die Energiefrage oft eine höhere Rolle spielt, weswegen Dachbegrünungen oft weichen müssen. Ohne Begrünung passen mehr Solarzellen aufs Dach und es kann mehr Strom generiert werden. Die erhöhte Leistung der Module durch geeignete Begrünungen und die Kühlung der Dachfläche sowie auch die weiteren Vorteile werden ausser Acht gelassen. Stromerzeugung aus der eigenen Anlage auf dem eigenen Dach ergibt für viele Dachbesitzer mehr Sinn als eine Dachbegrünung! Eigenvorteil der Solarstromgewinnung. Von einem Gründach haben sie persönlich nichts. Im Gegenteil. Ein solches Dach ist mit Kosten- und Pflegeaufwand verbunden. Ich habe das Gefühl, dass vielen Leuten die positiven Auswirkungen von Dachbegrünungen auf die Solarmodule nicht einmal bewusst sind. Auch aus Sicht der Biodiversität ist dies ein fataler Schritt in die falsche Richtung und es muss ein Umdenken stattfinden!

Herr Ammann-Azizi von der Umweltberatung Luzern ist einer von jenen vorhin erwähnten Stadtverantwortlichen. Wie bereits beschrieben, besteht in der Stadt Luzern bereits ein Gesetz zur Thematik. Ein sehr fortgeschrittenes sogar. Eine Kombination wird hier in Zukunft obligatorisch sein. Dies ab einer Flachdachfläche von 25m². Auf die Frage, was in der Vergangenheit Ursachen gegen die Realisierung von Kombinationsprojekten in Luzern gesprochen hat, meint Herr Ammann-Azizi schlicht, dass es kein entsprechendes Gesetz gab, welches solche Projekte hätte einfordern können. Ausserdem halten sich viele Vorurteile, vor allem gegenüber der Dachbegrünung. Es kam in der Vergangenheit zu Systemkombinationen, welche nicht funktionierten und andere Eigentümer eventuell abgeschreckt haben. Ihm persönlich sind zwar keine eigenen Beispiele bekannt, er habe jedoch schon Argumente, gestützt auf solche Projekte vernommen. Natürlich erfordert die Kombination ein gutes Know-how und eine sorgfältige Abstimmung aller Beteiligten. Herr Ammann-Azizi weist jedoch klar daraufhin, dass unterdessen die benötigte Praxiserfahrung und auch passende Systeme auf dem Markt vorhanden sind, sodass Fehler vermieden werden können.

Aus meinen persönlichen Erfahrungen aus Gesprächen mit Dacheigentümern und/oder Laien schliesse ich, dass die meisten Menschen Dach-Kombinationen grundsätzlich als eine interessante Sache erachten. Auch Dachbegrünungen und PV-Anlagen im Einzelnen werden meist gutgeheissen. Die Personen stammen aus verschiedenen Altersklassen und Lebenssituationen. Ich konnte bei den Gesprächen jedoch feststellen, dass der Erlass von, gemäss einiger Gesprächsteilnehmern «immer mehr und mehr grünen Gesetzen» als zu viel betrachtet wird. Der Entscheid der Umsetzung einer Photovoltaikanlage, einer Dachbegrünung oder einer Kombination soll jeder für sich entscheiden dürfen und nicht von der Stadt gesetzlich festgelegt werden dürfen. Vor allem bezüglich der Kostenfrage haben viele Gesprächsteilnehmende Vorbehalte. Trotz der Subventionen, welche zum Teil eingefordert werden können. Ausserdem konnte auch ich feststellen, dass viele Leute Vorurteile, vor allem gegenüber Dachbegrünungen aufweisen. Fehlplanungen, wie in Abbildung 4 ersichtlich, bleiben hartnäckig in vielen Köpfen verankert. Sie sind vor allem auch für Skeptiker Nährstoff für die Argumentation des Nichtfunktionierens von PV-Gründächern. Ein weiterer grosser Argumentationspunkt ist die Pflege der Gründächer. Vielen Menschen scheuen sich vor dem, aus ihrer Sicht, immensen Pflegeaufwand. Bereits ein gewöhnlicher Garten benötigt viel Zeit und Aufwand, welcher sich nicht auf dem Dach noch fortsetzen soll. Dies stellt ein faires Argument dar. Mit einer fachgerechten Planung und korrekt gewählten Substrathöhen kann dieser Aufwand jedoch auf ein Minimum reduziert werden. Aber auch gewöhnliche Kiesdächer benötigen regelmässige Pflege. Zudem können solche Dächer nicht die gleiche Lebensdauer aufweisen wie ein begrüntes Dach.

Es lässt sich also erkennen, dass zumindest diese Leute in dieser Thematik sehr gespalten sind. Grundsätzlich sind bezüglich Dachbegrünungen und Photovoltaikanlagen positiv gestimmt. Wenn es aber um die Umsetzung geht, namentlich Verantwortung zu übernehmen und Geld auszugeben, ziehen sich viele zurück. Ganz genau darum ist es sehr essenziell, weiterhin an den Gesetzen festzuhalten und zu revidieren.

Dies bringt uns zum zweiten sehr wichtigen Punkt aus meiner Sicht. Die Sensibilisierung der Bevölkerung. Es soll mit den Bewohnern und nicht gegen sie gearbeitet werden. Ein wichtiges Ziel soll es sein, den Eigentümern die diversen Vorteile von Kombinationen aufzuzeigen und verständlich zu machen. Welche Massnahmen stellen geeignete Methoden dar, um die Bevölkerung zu erreichen? Artikel in Umweltzeitschriften sind grundsätzlich eine gute Idee. Meist werden sie jedoch von sowieso bereits überzeugten Menschen gelesen. Viel wichtiger ist es, uninformierte Leute oder sogar Gegner zu erreichen, welche sich möglicherweise nicht auf naturschutzrelevanten Internetseiten aufhalten. Eventuell wären Immobilienportale oder Zeitschriften im Hauseigentümbereich eine sinnvolle Basis. Es soll klar aufgezeigt werden, inwiefern Haus- und Immobilienbesitzer dabei helfen können, höhere Ziele zu erreichen und gleichzeitig Vorteile für den Eigenbedarf daraus zu ziehen. Aus diesem Grund halte ich Informations- und Sensibilisierungskampagnen zu den Vorteilen von Kombinationen für den zweiten wichtigen Parameter neben den gesetzlichen Grundlagen. Ausserdem muss die Bevölkerung über die finanzielle Unterstützung informiert werden, da das Geld ein wichtiger Faktor ist.

Meiner Meinung nach können in naher Zukunft noch viele weitere Kombinations-Projekte realisiert werden, wenn diese beiden Parameter, Gesetze und Aufklärung, konsequent erweitert und aktualisiert werden. Dass Kombinationen funktionieren und die beschriebenen Vorteile tatsächlich aufweisen, beweisen die vielen bereits erfolgreich umgesetzten Projekte. Ein kleiner Teil davon wurde im Kapitel 4.1.2 vorgestellt. Die Wissenschaft und die Technik machten in den letzten Jahren grosse Fortschritte im Bereich der PV-Gründächer. Angebote für die richtige Planung, der standortangepassten Aufständigung, der korrekten Begrünungsart sowie der anschliessend fachgerechten Pflege bestehen. Alle Eigentümer und Verantwortlichen der vorgestellten Projekte würden, mit einer Ausnahme, wieder eine Kombination realisieren. Trotz der Mehrkosten und dem Pflegeaufwand. Es lässt sich klar erkennen, dass die Besitzer nach einer korrekten Planung und Umsetzung zufrieden sind mit ihrem PV-Gründach und langfristig gesehen sogar Kosten sparen können beziehungsweise mehr Strom generieren. Das Beispiel des Reiheneinfamilienhaus von Herrn Heiniger zeigt, dass auch auf kleinen Flächen viel für die Biodiversität und gleichzeitig für den eigenen Haushalt gemacht werden kann. Würden alle kleinen Flächen ähnlich diesen paar Quadratmeter gestaltet, könnte viel erreicht werden.

Anhand der in dieser Arbeit gesammelten Daten lässt sich klar erkennen, dass Dachbegrünungen und Photovoltaikanlagen sich gegenseitig nicht ausschliessen. In jedem Fall bedingt eine Kombination eine standortangepasste Planung, korrekte Umsetzung sowie eine anschliessend fachgerechte Pflege des Flachdachs. Grundsätzlich muss es auf Flachdächern aber zu keiner Konkurrenz zwischen den beiden Techniken kommen. Ganz im Gegenteil.

Abschliessend lässt sich sagen, dass meiner Meinung nach die Städte mit gesetzlichen Grundlagen auf dem richtigen Weg sind. Eine geeignete Mischung aus Gesetzesgrundlagen und Sensibilisierung der Bevölkerung wird benötigt. Die Vorurteile gegenüber Photovoltaikanlagen und vor allem gegenüber Dachbegrünungen, welche sich weiterhin stark in der Bevölkerung halten, müssen eingedämmt werden. Aus diesem Grund halte ich vollumfängliche Informationskampagnen, neben den Gesetzerlassen, für essenziell. Mit dieser Arbeit erhoffe ich mir einen gewissen Teil zur Sensibilisierung der Bevölkerung beizutragen und den Menschen die Vorteile und Möglichkeiten von Photovoltaik-Gründächer aufzuzeigen.

Weitere erfolgreiche Kombinationen von Dachbegrünungen und Photovoltaikanlagen würden signifikant zu den Zielen der Energiestrategie 2050, dem Netto-Null-Ziel 2050 sowie dem Aktionsplan Biodiversität der Schweiz beitragen. Der Ausbau von Photovoltaik-Gründächern ist definitiv nicht die alleinige Lösung gegen die beiden Bedrohungen Klimawandel und Biodiversitätsrückgang, sie leisten jedoch einen signifikanten Beitrag zu deren Eindämmung und gleichzeitig diverse Vorteile für die Besitzer.

6 Literaturverzeichnis

§ 72, 730.100 56 (2022). https://www.gesetzessammlung.bs.ch/app/de/texts_of_law/730.100

§ 72 Flachdächer, 700.100 55 (2016). <https://www.baden.ch/de/stadt-behoerde/stadtentwicklung/nutzungsplanung/bno.html/217>

Amt für Umwelt und Energie, Kanton Basel-Stadt (Hrsg.). (2021). *Förderbeiträge für Energiesparmassnahmen im Kanton Basel-Stadt*. <https://www.aue.bs.ch/energie.html>

Anderegg, Strebel, & Rohrer. (2022). *Photovoltaik Potenzial auf Dachflächen in der Schweiz*. <https://doi.org/10.21256/zhaw-2425>

Art. 7 Dachgestaltung bei Flachdächern, 721.1 (2021). https://stadtrecht.bern.ch/lexoverview-home/lex-721_1

Art. 11 Begrünung, Spiel- und Ruheflächen, Gärten, 700.100 55 (2022). https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index/politik_u_recht/amtliche_sammlung/inhaltsverzeichnis/7/700/100/100_v34.html

Art. 33 Allgemeines, 731.1 26 (2018). https://st.gallen.tlex.ch/app/de/texts_of_law/731.1

Art. 74a Flachdächer, 7.1.3-1 36 (2022). https://winterthur.tlex.ch/app/de/texts_of_law/7.1.3-1

Art. 77 Dachbegrünung, Solar- und Photovoltaikanlagen, 7.1.2.1.1 43 (2022). <https://www.stadtluzern.ch/dokumentebilder/rechtssammlung/sammlung/100578>

Art. 203, Abs. 2 Toitures & Art. 215, Abs. 2 Toitures, 60.10 58 (2019). <https://www.chaux-de-fonds.ch/rapports-et-reglements/reglementation/sante-salubrite-environnement>

Art. 342 Couverture des toitures, 500.1 175 (2022). <https://www.ville-fribourg.ch/de/reglements-tarifs/500-1>

BAFU (Hrsg.). (2017). *Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz*. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/fachinformationen/biodiversitaetspolitik/strategie-biodiversitaet-schweiz-und-aktionsplan.html>

BAFU. (2023, Mai 5). *Klima: Internationales*. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-klima/klimawandel-stoppen-und-folgen-meistern/klima--internationales.html>

- Baumann, Nussbaumer, Klenk, Dreisiebner, Carigiet, & Baumgartner. (2019). *Photovoltaic systems with vertically mounted bifacial PV modules in combination with green roofs*.
<https://digitalcollection.zhaw.ch/handle/11475/18041>
- BFE, B. für E. (2018, März 13). *Photovoltaik*. <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/forschung-und-cleantech/forschungsprogramme/photovoltaik.html>
- Brenneisen. (2015). *Pflanzenentwicklung und Biodiversität auf Solar-Gründächern*. ZHAW.
- Brenneisen & Hänggi. (2006). *Begrünte Dächer: Ökofaunistische Charakterisierung eines neuen Habitattyps in Siedlungsgebieten anhand eines Vergleichs der Spinnenfauna von Dachbegrünungen mit naturschutzrelevanten Bahnarealen in Basel (Schweiz)*.
<https://digitalcollection.zhaw.ch/handle/11475/11316>
- Brigitte Kleinod & Friedhelm Strickler. (2018). *Naturnahe Dachbegrünung* (2. Auflage). pala-verlag.
- Brondizio, Settele, Díaz, & Ngo. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. IPBES secretariat. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>
- eecomm GmbH. (2019, September 6). *Genossenschaft Solar St.Gallen: Baut 1.1 MW-Photovoltaikanlage für Stadler-Neubau in St. Margrethen (ee-news.ch)*. <https://www.ee-news.ch/de/solar/article/41933/genossenschaft-solar-st-gallen-baut-1-1-mw-photovoltaikanlage-fur-stadler-neubau-in-st-margrethen>
- Energieagentur St.Gallen GmbH. (2022). *Referenzobjekte*.
- Energiegesetz, 730.0 40 (2018). <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2017/762/de>
- ewz Netze, Stadt Zürich. (2023). *Photovoltaik-Anlagen «neue Förderung mit Pauschalansätzen»*. <https://www.stadt-zuerich.ch/energie/de/index/foerderung/alle-foerderprogramme/photovoltaik.html>
- Genève Aéroport. (2022, Juni 7). *Eine riesige Dachbegrünung auf dem Dach des Flughafens*. <https://www.gva.ch/de/Site/Geneve-Aeroport/News/Archives/Une-toiture-vegetalisee-geante-sur-le-toit-de-l'Ae>

- Ginger Hebel. (2020, Juli 27). *Grüne Dächer fürs Klima—Tagblatt der Stadt Zürich*.
<https://www.tagblattzuerich.ch/aktuell/news/news-detail/article/gruene-daecher-fuers-klima.html>
- Hauswirth. (2017). *SMART?Roofs: Biodiversität und Solaranlagen*. ZHAW.
- Horch, Baumann, Abt, Wirz, & Brenneisen. (2015). *Erfolgreiche Kiebitzbruten auf extensiv begrünten Flachdächern*. https://www.vogelwarte.ch/assets/files/publications/upload2015/Horch%20et%20al%202015%20Kiebitzbruten%20auf%20Flachdaechern_Emmen.pdf
- Hui & Chan. (2011). *Integration of green roof and solar photovoltaic systems*. https://www.researchgate.net/publication/281901499_Integration_of_green_roof_and_solar_photovoltaic_systems
- IEFE. (2017, November 9). *Bifaciale Solarmodule: Mit dem optimalen Neigungswinkel zum maximalen Energieertrag*. ZHAW Institut für Energiesysteme und Fluid-Engineering IEFE. <https://www.zhaw.ch/de/engineering/institute-zentren/iefe/news/news/event-news/bifaciale-solarmodule-mit-dem-optimalen-neigungswinkel-zum-maximalen-energieertrag/>
- Jürgen Landskron Dachbegrünung. (2009, Oktober). *Dachbegrünung: Geschichte der Gründächer*. <http://www.landskron-dachbegruenung.de/Dachbegruenung-Geschichte.html>
- Kaldellis & P. Fragos. (2011). *Ash deposition impact on the energy performance of photovoltaic generators*. Journal of Cleaner Production. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.11.008>
- KEYSTONE-SDA-ATS AG. (2023a). *Energie-Mantelerlass ist nach erster Parlamentsrunde unter Druck* [SDA-Meldung]. https://www.parlament.ch/de/services/news/Seiten/2023/20230315133958622194158159038_bsd103.aspx
- KEYSTONE-SDA-ATS AG. (2023b). *Nationalrat für Ausbau der Wasserkraft und gegen Solarpflicht*. https://www.parlament.ch/de/services/news/Seiten/2023/20230314134058393194158159038_bsd105.aspx

- Lamnatou & Chemisana. (2014). *Photovoltaic-green roofs: A life cycle assessment approach with emphasis on warm months of Mediterranean climate*. Journal of Cleaner Production. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.006>.
- Magill, Groninger, Midden, & Therrell. (2011). *A History and Definition of Green Roof Technology with Recommendations for Future Research*.
- Møller Francis & Jensen. (2017). *Benefits of green roofs: A systematic review of the evidence for three ecosystem services*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866717302479?via%3Dihub>
- Pétrémand, Chittaro, Braaker, Brenneisen, Magdalena Gerner, Obrist, Rochefort, Szallies, & Moretti. (2017). *Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) communities on green roofs in Switzerland: Synthesis and perspectives*. Urban Ecosystems. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-017-0697-7#citeas>
- Photovoltaik—Offerten-Check für Solaranlagen*. (2022, August 30). Schweizer Radio und Fernsehen (SRF). <https://www.srf.ch/news/schweiz/photovoltaik-offerten-check-fuer-solaranlagen>
- Sedlbauer & Gottschling. (1999). *Sommerliche Temperaturbeanspruchung der Dachhaut bei belüfteten und nicht belüfteten Flachdächern*. FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK (IBP). <https://www.isteshaltbar.de/frage-und-antwort/gehe-zur-antwort/3084284>
- Sempel, Gorbachevskaya, Mewis, & Ulrichs. (2013). *Modellversuch zur Feinstaubbindung: Extensive Dachbegrünung vs. Schotterdach*. Gesunde Pflanzen. <https://doi.org/10.1007/s10343-013-0305-6>
- Stadler Rail AG. (o. J.). *Standorte Stadler*. Stadler Rail. Abgerufen 1. Juni 2023, von <https://www.stadlerrail.com/de/>
- Stadt St. Gallen, Umwelt und Energie (Hrsg.). (2021). *Solarstrom / Förderbeiträge für Photovoltaikanlagen*. <https://www.stadt.sg.ch/home/raum-umwelt/bauen-sanieren/energiefonds-foerderbeitraege.html>

- Styszko, Jaszczur, Teneta, Hassan, Paulina Burzyńska, Marcinek, Łopian, & Samek. (2019). *An analysis of the dust deposition on solar photovoltaic modules*. Environmental Science and Pollution Research volume. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1847-z>
- Tobias Stahl. (2023, März 27). *Solarblume aus Österreich: Sie speichert sogar Strom—EFAHRER.com*. https://efahrer.chip.de/news/solaranlage-sieht-wie-eine-riesenblume-aus-nachts-reinigt-sie-sich-selbst_106178
- Ville de Lausanne (Hrsg.). (2018a). *Städtische Richtlinien für die extensive Dachbegrünung auf Gebäuden*.
- Ville de Lausanne. (2018b, April 16). *Végétation et panneaux solaires – Ville de Lausanne*. Site officiel de la Ville de Lausanne. <https://www.lausanne.ch/vie-pratique/nature/la-nature-et-vous/la-ville-me-soutient/toitures-vegetalisees/vegetation-et-panneaux-solaires.html>
- Zentrumszeitung IMWIL. (2021). *Zentrumszeitung*. Druckerei Crivelli AG. <https://imwil.ch/downloads#tax>

7 Abbildungsverzeichnis

Titelbild: Paul Bauder GmbH & Co. KG, Bildrechte: Paul Bauder

Abbildung 1: Traditionelle skandinavische Dachbegrünung.....	4
Abbildung 2: Verschiedene Dachbegrünungsarten.....	6
Abbildung 3: Verschiedene Photovoltaik-Techniken.....	7
Abbildung 4: Behandelte Schweizer Städte.....	23
Abbildung 5: Gutes Beispiel einer schlechten Umsetzung eines Solar-Gründaches.....	24
Abbildung 6: Der Circle des Flughafen Zürichs.....	25
Abbildung 7: Solarsystem Alterszentrum IMWIL.....	27
Abbildung 8: Kombination auf Einfamilienhaus von Herr Heiniger.....	28

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verschiedene Dachbegrünungsarten nach Magill et al. (2011).....	6
Tabelle 2: Übersicht der behandelten städtischen Gesetze und Förderprogrammen	16
Tabelle 3: Auslegung der Gesetze und deren Ausnahmen.....	22

9 Anhangsverzeichnis

Anhang

Anhang 1 - Aufgabenstellung

Anhang 2 - Zeitplan

Anhang 3 - Plagiatserklärung



Bachelorarbeit		
Studienjahrgang	UI19	
Titel	Dachbegrünungen und Solarenergienutzung auf Gebäuden - Konkurrenz oder sinnvolle Kombination	
Vertraulich	Nein	
Fachgebiet	Stadtökologie	
Namen	StudentIn	Meister Yannick Christoph
	KorrektorIn	Brenneisen Stephan

<p>Aufgabenstellung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausgangslage • Zielsetzungen • Zusätzliche Auftragsmodalitäten 	<p>Ausgangslage</p> <p>Die Branche der erneuerbaren Energien boomt. Vor allem der Bereich der Photovoltaik befindet sich im starken Aufschwung. Da viele Städte und Gemeinden eine Dachbegrüpfungspflicht bei Neubauten kennen, entwickelte sich in den letzten Jahren eine gewisse Konkurrenz auf Gebäudedächern, wobei in der Praxis die Dachbegrünungen, trotz gesetzlicher Grundlagen, den Photovoltaikanlagen meistens weichen müssen.</p> <p>Durch die Ausgangslage leitet sich eine Haupt- sowie eine Nebenforschungsfrage ab, welche es in der Arbeit zu beantworten gilt:</p> <p>Forschungsfragen</p> <p>Hauptforschungsfrage: Wie wird in der Schweiz mit der zunehmenden Flächenkonkurrenz zwischen Photovoltaikanlagen und Dachbegrünung umgegangen?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Welche Wechselwirkungen haben Photovoltaikanlagen auf Dachbegrünungen und umgekehrt? - Welche Vor- und Nachteile erkennen die einzelnen Gemeinden und Städte in Kombilösungen? - Wie pflege- und kostenintensiv ist der Pflegeaufwand von Kombilösungen? <p>Nebenforschungsfrage: Welchen Einfluss haben Photovoltaikanlagen auf die Biodiversität (Flora & Fauna) von Gründächern?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wird die Biodiversität durch PV-Module auf einem Gründach verringert? - Sind durch PV-Module beschattete Dachflächen weniger artenreich als besonnte Flächen? <p>Zielsetzungen</p> <p>Durch eine systematische Literaturrecherche sowie durch gezielte Kommunikation mit verschiedenen Akteuren, werden Praxiserfahrungen verschiedener Schweizer Gemeinden und Städten zu Kombilösungen von Photovoltaikanlagen und Dachbegrünungen zusammengetragen und ausgewertet.</p> <p>Das Ziel der Arbeit ist eine quantitative und qualitative Analyse der bestehenden PV und Dachbegrünungskombinationen in der Schweiz. Zusätzlich zu den Vor- und Nachteilen verschiedener Kombilösungen werden in der Arbeit der Pflegeaufwand für solche Kombinationen ermittelt und aufgeführt.</p> <p>Zusätzlich wird in der Nebenforschungsfrage der Einfluss auf die Biodiversität durch PV-Module anhand einer Literaturrecherche sowie Expertenmeinungen und Funden auf Dächern ermittelt.</p> <p>Erwartete Resultate</p> <ul style="list-style-type: none"> - Der Leser erhält qualitative Auskunft über die positiven, wie aber auch negativen Erfahrungen von Schweizer Gemeinden und Städten mit solchen Kombilösungen. - Der Pflegeaufwand von verschiedenen Kombilösungen wird ermittelt (Kennzahlen) und soll bei zukünftigen Gründächern mit PV-Anlagen zur Entscheidungshilfe herangezogen werden.
--	---

	<p>- Der Einfluss von Photovoltaikanlagen auf die Flora und Fauna von Gründächern aufzeigen.</p> <p>Provisorisches Inhaltsverzeichnis</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Einleitung <ol style="list-style-type: none"> 1.1 Aktuelle Situation 1.2 Aktueller Stand der Forschung 1.3 Zielsetzung 2. Theorie 3. Material & Methoden <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Material 3.2 Vorgehen 3.3 Übersicht über die Dachbegehungen 3.4 Unterschiedliche Gesetzeslage auf Kantonsebene 4. Resultate <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Photovoltaik und Dachbegrünungen (Forschungsfrage) <ol style="list-style-type: none"> 4.1.1 Praxiserfahrungen 4.1.2 Pflegeaufwand 4.2 Photovoltaik und Biodiversität (Nebenforschungsfrage) 5. Diskussion 6. Schlussfolgerung 7. Literaturverzeichnis 8. Abbildungsverzeichnis 9. Tabellenverzeichnis
Formale Anforderungen	Alle relevanten Merkblätter zu studentischen Arbeiten

Zeitplan	<p> 14.11.22: Start Themenwahl 09.12.22: Frist Themenwahl 26.01.23: Abgabe Aufgabenstellung 28.02.23: Ende grober Literaturrecherche¹ 30.05.23: Ende grober Kommunikation mit Städten und Gemeinden² 15.06.23: Bearbeitung Bachelorarbeit (Rohfassung) 15.06.23: Abgabe Rohfassung 16.06.23: - 05.07.23: Überarbeitung 06.07.23: Abgabe Bachelorarbeit </p> <p> ¹Literaturrecherche begleitet die Arbeit bis zur Abgabe. ²Kommunikation mit Städten und Gemeinden begleitet die Arbeit bis zur Abgabe. </p> <p> Verpflichtender Zeitplan ZHAW Zeitplan Bachelorarbeit - Meilensteine 1 & 2 im FS23 </p> <p style="text-align: center; font-size: small;">baef – Okt 2022</p>
Abgabetermin (12.00 Uhr)	06.07.2023 / 12:00 Uhr
Bemerkungen	<p> Abgabeform: Schriftlich in gebundener Form und elektronisch (PDF) Sprache: Die Bachelorarbeit (BA) wird in Deutsch verfasst. </p>
Arbeitsort	Dübendorf & Wädenswil

Plagiate verstossen gegen die Urheberrechte, eine Verletzung dieser Rechte wird gemäss der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge der Hochschule Wädenswil vom 01.09.2006 in § 38, 39 geregelt. Diese Studien- und Prüfungsordnung gilt für alle Bachelorstudienjahrgänge bis und mit Studienstart 2009.

Für Bachelorstudienjahrgänge mit Studienbeginn ab 2010 und die Masterstudiengänge mit Studienbeginn ab 2009 gilt § 39 der Rahmenprüfungsordnung für Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29.01.2008.

Zeitplan Bachelorarbeit

- Meilensteine 1 & 2 im FS23

