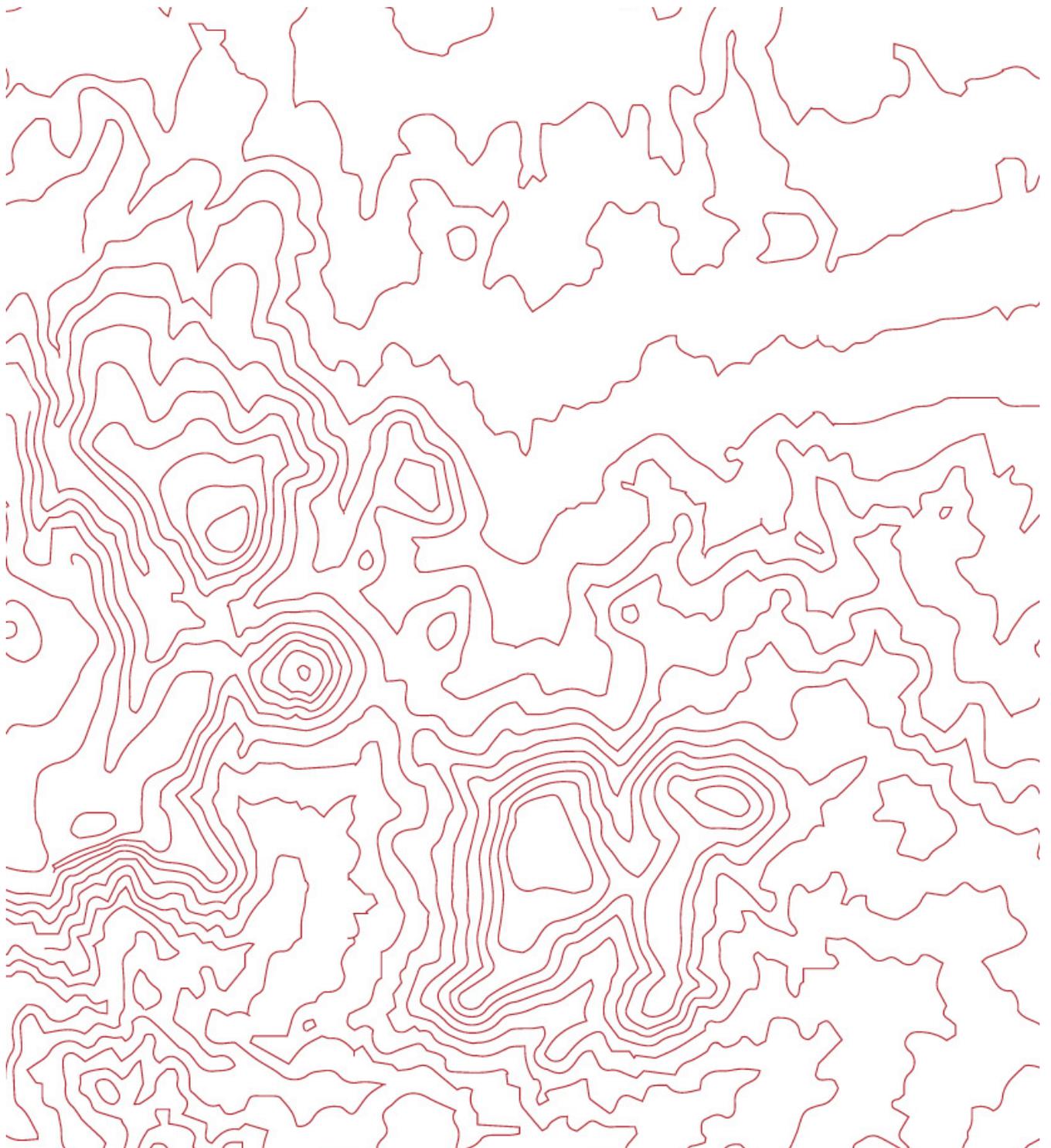


# Fassadennutzung für PV – Anlagen:

## Prozessbegleitung bei der Beantwortung des Postulats

Schlussbericht, 07. Mai 2025



**Stadt Winterthur**

Vanessa Joos, Amt für Städtebau  
Lukas Manser, Stadtwerk  
Philipp Uerlings, Stadtgrün

**Projektteam EBP**

Roger Walther, EBP  
Oliver Blank, EBP  
Wesley Wojtas, EBP

EBP Schweiz AG  
Mühlebachstrasse 11  
8032 Zürich, Schweiz  
Telefon +41 44 395 12 13  
[roger.walther@ebp.ch](mailto:roger.walther@ebp.ch)

## Zusammenfassung

Das Postulat 2024.79 fordert den Stadtrat von Winterthur auf, die Fassaden der rund 460 städtischen Liegenschaften auf ihre Eignung für Photovoltaikanlagen (PV) zu prüfen. Die EBP Schweiz AG wurde daher von der Stadt Winterthur vom Amt für Städtebau (AfS) beauftragt, die Eignungskriterien und Prinzipien für PV-Fassaden, sowie das Vorgehen für eine flächendeckende Potenzialanalyse zu definieren und anhand von zwei Pilotobjekten zu demonstrieren.

Der Markt für PV-Fassaden in der Schweiz ist dynamisch, mit rund 280 bereits in Betrieb befindlichen Anlagen. PV-Fassaden tragen zur Produktion von Winterstrom bei und unterstützen die Klimaziele der Stadt Winterthur. Das am 1. Januar 2025 in Kraft getretene Stromgesetz bietet zusätzliche Chancen für die lokale Vermarktung lokal produzierten Solarstroms im virtuellen Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (vZEV). Zudem wird ab dem 1. Januar 2026 mit der Einführung von Lokalen Elektrizitätsgemeinschaften (LEG) die Vermarktung von Solarstrom auch gemeindeweit ermöglicht.

Der vorliegende Bericht diskutiert auch die Herausforderungen von PV-Fassaden wie Vorinvestitionen, Brandschutz und Unterhalt, und zeigt markttaugliche Lösungen auf. Das Vorgehen für eine flächendeckende Potenzialanalyse wird in einer Checkliste mit 15 Schritten dargestellt, deren Durchführung u. A. spezifische Gebäudedaten erfordert.

Die Methodik wird anhand von zwei städtischen Liegenschaften verifiziert. Die Stadt Winterthur verfügt über eine gute Datenbasis, allerdings ohne systematisch erfasste Flächendaten zu den Fassaden. Die Erhebung dieser Daten ist mit zusätzlichem Aufwand verbunden. Die Ergebnisse der Potenzialanalyse für die ausgewählten Pilotobjekte zeigen, dass die Amortisationszeit von PV-Fassaden etwa 20 Jahre beträgt. Unter Einbezug von vZEV und LEG kann die Amortisationszeit deutlich tiefer liegen.

Nicht jede städtische Liegenschaft eignet sich für PV-Fassaden. Daher ist es entscheidend, die Objekte auszuwählen, die den Eignungskriterien für PV-Fassaden am besten entsprechen. Es wird empfohlen, durch eine umfassende Potenzialanalyse die am besten geeigneten etwa 10% der städtischen Liegenschaften für PV-Fassaden zu identifizieren. Bei anstehenden Sanierungen städtischer Liegenschaften soll fallweise geprüft werden, ob eine PV-Fassade realisiert werden kann. Bei Neubauten könnten PV-Fassaden bereits in der Wettbewerbsphase als Vorgabe definiert werden.

Die Stadt Winterthur sollte sich bei der konkreten Umsetzung von PV-Fassaden auf die am besten geeigneten Objekte konzentrieren. Durch erfolgreiche Projekte können auch private Unternehmen und Gebäudeeigentümer zur Installation von PV-Fassaden motiviert werden. Stadtwerk Winterthur spielt dabei als Partner im Bereich LEG und vZEV eine zentrale Rolle und kann eine proaktive Rolle bei der Realisierung von Fassaden-PV-Anlagen übernehmen.

Um PV-Fassaden effektiv zu implementieren und die lokale Winterproduktion zu steigern, kann die Stadt Winterthur eine Vorreiterrolle einnehmen. Durch politische Massnahmen wie Lenkungen, zusätzliche Förderungen und angepasste Rahmenbedingungen kann diese Entwicklung - gemeinsam mit Stadtwerk Winterthur - weiter gefördert werden.

Die ersten PV-Fassaden könnten von einer Hochschule begleitet und ausgewertet werden, insbesondere hinsichtlich des Solarstromertrags und der Wirtschaftlichkeit. Diese Projekte sollten kommunikativ aufbereitet und den Akteuren in der Stadt Winterthur vermittelt werden, um weitere Interessenten für PV-Fassaden zu gewinnen.

## Inhaltsverzeichnis

1.	Ausgangslage	1
1.1	Postulat betreffend Fassadennutzung für PV-Anlagen	1
1.2	Auftrag an die EBP Schweiz AG	2
2.	PV-Fassaden in der Schweiz	4
2.1	Status Quo und PV-Fassaden in der Schweiz	4
2.2	Herausforderungen	8
2.3	Chancen	11
3.	Methodik zur generischen Potenzialabschätzung von PV-Fassaden	13
3.1	Facts und Figures der städtischen Liegenschaften	13
3.2	Gebäudedaten für PV-Fassaden	14
3.3	Eignungskriterien für PV-Fassaden: Bestand und Neubau	15
3.4	Prinzipien für PV-Fassaden: Bestand und Neubau	17
3.5	Vorgehen der Potenzialabschätzung PV-Fassaden	18
4.	Potenzialanalyse von zwei Pilotobjekten	20
4.1	Gebäudedaten	20
4.2	Sanierung Personalhaus 2	21
4.3	Neubau Modulbauten	25
5.	Flächendeckende Potenzialanalyse für PV-Fassaden	30
6.	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	31

# 1. Ausgangslage

## 1.1 Postulat betreffend Fassadennutzung für PV-Anlagen

### **Antrag**

Der Stadtrat von Winterthur soll gemäss Postulat 2024.79 die Fassaden von städtischen Liegenschaften auf ihre Eignung für die Ausstattung mit Photovoltaikanlagen (PV) prüfen. Dabei sollen kosteneffiziente Methoden eruiert und die Vertikalflächen der Gebäude hinsichtlich ihrer Eignung und des möglichen Stromertrags analysiert werden.

### **Begründung**

In Winterthur soll die Erzeugung nachhaltigen Stroms durch PV ausgeweitet werden. Neben Dächern eignen sich auch Fassaden für diese Massnahmen, da die zu gewinnenden Flächen keinen grossen Nutzungskonflikten ausgesetzt sind. Um die Fassaden, die sich nicht anderweitig nutzen lassen, mit PV auszustatten, sollen verschiedene Massnahmen für die Installation geprüft werden. Städtische Liegenschaften, die von der Stadt direkt genutzt werden, sollen dabei in den Fokus rücken. PV-Fassaden bieten eine nachhaltige Energiequelle, die vor allem in den Wintermonaten dazu beitragen kann, die Stromerzeugung lokal zu gewährleisten. Dies würde zudem den Klimazielen der Stadtverwaltung von Netto-Null 2035 zugutekommen.

Es gibt unterschiedliche Ansätze der Fassadennutzung für PV-Anlagen. Inspirationen liefern beispielsweise das [ewz](#) und [Selfmade Energy](#). Eine gute Analyse für die Eignung von PV-Fassaden bietet das [Bundesamt für Energie](#).

Bei Neubauten soll die Integration von PV-Fassaden von Anfang an eingeplant werden. Für bestehende Gebäude kann das Potenzial für PV-Fassaden ebenfalls genutzt werden. Bei geeigneten Bedingungen sollen verstärkt bei städtischen Liegenschaften PV-Fassaden integriert werden. Da noch auf die neue Version des „Stand der Technik“-Papiers von Swissolar ([Antwort Regierungsrat Zürich KR-Nr. 197/2023](#)) gewartet wird, ist der Handlungsspielraum aufgrund des Brandschutzes eingeschränkt. Dennoch ist es von Vorteil, eine solche Analyse vorliegen zu haben.

Das vorliegende Dokument dient als Basis für die Bearbeitung des Postulats 2024.79 bezüglich der Fassadennutzung für PV-Anlagen zu Händen des Stadtrats Winterthur.

## 1.2 Auftrag an die EBP Schweiz AG

Die EBP Schweiz AG (kurz «EBP») wurde mit folgenden Punkten vom Amt für Städtebau (AfS) der Stadt Winterthur (kurz «Stadt Winterthur») beauftragt:

- **Mindestanforderungen für PV-Anlagen an Fassaden:** Definition der Kriterien zur Auswahl von geeigneten Objekten für die Fassadennutzung für PV-Anlagen, unter Berücksichtigung von Kriterien für den Einsatz einer Fassadenbegrünung (vgl. Postulat mit der Parl.-Nr. 2024.78).
- **Prinzipien:** Beschrieb von Prinzipien zur Umsetzung einer PV-Fassade.
- **Vorgehen Potenzialanalyse definieren:** Ableiten und Beschrieb des generischen Vorgehens für eine flächendeckende Potenzialanalyse aller Immobilien im Eigentum der Stadt Winterthur.
- **Potenzialanalyse für 2 Pilotprojekte durchführen:** Ermittlung des Potenzials (technisch und wirtschaftlich) einer PV-Fassade für ein ausgewähltes Objekt im Bestand sowie für einen geplanten Neubau und Illustration des Vorgehens.
- **Kosten- und Ressourcenschätzung:** Erstellung einer Kosten- und Aufwandschätzung für die Durchführung einer flächendeckenden Potenzialanalyse für die interessantesten städtischen Liegenschaften der Stadt Winterthur.

### Systemgrenzen des Auftrags

- **PV-Anlagen auf Fassaden:** Der Fokus lag auf den städtischen Liegenschaften und deren Nutzung für PV-Anlagen auf Fassaden. Die Beantwortung des Postulats zur Begrünung der Fassaden (2024.78) war nicht Bestandteil des Projektes. Jedoch wurde das Postulat Fassadenbegrünung beim Vorgehen berücksichtigt und abgeglichen.
- **Keine flächendeckende Potenzialanalyse:** Es wurde ein Vorschlag zur Durchführung der Potenzialanalyse anhand einer exemplarischen Desktop-Analyse für zwei Pilotprojekte erstellt. Vorgehen und Methodik wurden für je ein Gebäude im Bestand und einen Neubau getestet, dargestellt und das generelle Vorgehen beschrieben.
- **Projektwahl:** Das Amt für Städtebau und Stadtwerk haben die zwei Projekte gemeinsam ausgewählt, dies anhand von vordefinierten Kriterien (eines im Bestand und ein Neubau). Die Potenzialanalyse sowie das Vorgehen wurden anhand dieser beiden Projekte durchgeführt.
- **Datenbereitstellung:** Das Amt für Städtebau hat die Daten und Informationen der Verwaltungsliegenschaften zur Verfügung gestellt. Das Projektteam hat keine neuen Daten erhoben und hat keine Begehungen vor Ort durchgeführt.

## Ziele und zu erwartende Resultate

- Vorgehen Potenzialanalyse definieren

**Resultat 1:** Ein Vorschlag für das generische Vorgehen und den Inhalt einer Potenzialanalyse für PV-Anlagen an Fassaden im Bestand und für Neubauten wurde erstellt. Dieser Vorschlag umfasst auch eine Kosten- und Ressourcenschätzung für die Potenzialanalyse der städtischen Liegenschaften und dient als Basis für eine mögliche Ausschreibung einer flächendeckenden Potenzialanalyse von PV-Anlagen an Fassaden städtischer Liegenschaften.

- Prinzipien beschreiben

**Resultat 2:** Eine Beschreibung der Prinzipien für PV-Anlagen an Fassaden im Bestand und Neubau sowie die Definition von Mindestanforderungen für PV-Anlagen an Fassaden wurden erstellt.

- Potenzialanalyse für Pilotprojekte durchführen

**Resultat 3:** Eine exemplarische Potenzialanalyse wurde für jeweils ein Objekt im Bestand und im Neubau durchgeführt und dargestellt.

- Abteilung Stadtgrün und Stadtwerk einbeziehen

**Resultat 4:** Das Projekt wurde unter Einbeziehung von Stadtgrün und Stadtwerk Winterthur ausgearbeitet, um das lokale Wissen und die Erfahrung beider Akteure zu integrieren.

- Kurzbericht verfassen

**Resultat 5:** Die Erkenntnisse zur Fassadennutzung für PV-Anlagen in Winterthur wurden in einem Kurzbericht zusammengefasst (dieses Dokument). Der Bericht enthält Empfehlungen und ein Kriterien-Set.

## 2. PV-Fassaden in der Schweiz

In diesem Kapitel werden der **Status Quo** und die **Projekte** in der Schweiz im Bereich der **PV-Fassaden** beleuchtet. Die Schweiz hat sich als Vorreiterin in der Entwicklung und Implementierung von PV-Fassaden etabliert. Diese Pionierarbeit umfasst sowohl technologische Innovationen als auch die Integration von PV-Fassaden in unterschiedlichste Bauprojekte.

Es werden die **Herausforderungen** diskutiert, die mit der Umsetzung von PV-Fassaden verbunden sind. Dazu gehören die Vorinvestitionen, der Brandschutz, der Unterhalt und die Pflege der Anlagen, der Denkmalschutz, die Statik und Baubeschaffenheit der Gebäude, die Attraktivität und Ästhetik der Fassaden sowie mögliche Flächenkonflikte mit Begrünungsmassnahmen. Diese Herausforderungen erfordern sorgfältige Planung und innovative Lösungen, um die Sicherheit und Effizienz der PV-Fassaden zu gewährleisten. Die Lösungsansätze werden ebenfalls gezeigt.

Darüber hinaus werden die **Chancen** aufgezeigt, die PV-Fassaden bieten. Dazu zählen die Erzeugung von Winterstrom, die künftige Nutzung von virtuellen Zusammenschlüssen zum Eigenverbrauch (vZEV) und Lokale Elektrizitätsgemeinschaften (LEG), die effiziente Flächennutzung sowie die Synergien mit Begrünungsmassnahmen. Diese Chancen tragen dazu bei, die Energiewende voranzutreiben und nachhaltige Lösungen zu fördern. Diese neuen Chancen basieren auf dem neuen Stromgesetz, welches seit dem 1. Januar 2025 in Kraft ist.

### 2.1 Status Quo und PV-Fassaden in der Schweiz

Der Schweizer Gebäudepark steht vor einer notwendigen Transformation: **78 % der Gebäude wurden vor 1990 errichtet**. Erst ab diesem Zeitpunkt wurden die SIA-Standards für energieeffizientes Bauen umgesetzt, die als Reaktion auf die Ölkrise entstanden sind. Während die Ölkrise der 1970er-Jahre heute weit entfernt scheint, ist die Klimakrise eine sichtbare Realität und die Importabhängigkeit der Schweiz in Sachen Energie ist der Bevölkerung bewusst geworden. Im Gebäudebereich verfügt die Schweiz über alle notwendigen Mittel, um diesen Herausforderungen zu begegnen: die baulichen Ressourcen, das technische Know-how und inzwischen auch den Nachweis, dass energetische Sanierungen erfolgreich sind, insbesondere wenn PV-Fassaden mitgedacht werden.<sup>1</sup>

#### **Gebäudeintegrierte-PV in der Schweiz**

Die «Gebäudeintegrierte Photovoltaik» (GiPV), auch bekannt als «Building Integrated PV» (BIPV), bezieht sich auf die Integration von PV-Modulen in die Gebäudehülle. Dabei steht nicht nur die Stromerzeugung im Vordergrund, sondern auch die **multifunktionale Nutzung** der Module. Diese können beispielsweise zur **Schalldämmung** oder als **Witterungsschutz** eingesetzt werden.<sup>2</sup> Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms «Energiewende» (NFP 70) haben Forscher der EPFL, der Universität St. Gallen, der Hochschule Luzern und der Hochschule für Technik und Architektur Freiburg die GiPV hinsichtlich ihrer ästhetischen, ökologischen und ökonomischen Eignung untersucht.

---

<sup>1</sup> Energieexperten, 2023: [Fassaden-Photovoltaik: Wann lässt die Schweiz die Sonne ran?](#)

<sup>2</sup> Solarmarkt, 2025: [BIPV - gebäudeintegrierte Photovoltaik](#)

Fallstudien und Umfragen bei Bauherren haben gezeigt, **dass GiPV auch im urbanen Umfeld zunehmend Zustimmung findet.**<sup>3</sup>

Das Potenzial der Solarenergie an und auf Gebäuden in der Schweiz ist enorm. Die **Hausdächer** könnten jährlich etwa **50 Terawattstunden (TWh) Strom** produzieren<sup>4</sup>, **davon rund 25 % im Winterhalbjahr.**<sup>5</sup> Schätzungen für **Fassadenanlagen** sind aufgrund technischer, ästhetischer und Nutzungskonflikte (z.B. Begrünung) mit Unsicherheiten behaftet, aber die umfangreichste Studie geht von **17 TWh pro Jahr aus.**<sup>4</sup> Zusammengekommen könnten diese 67 TWh etwa 110 % des aktuellen Stromverbrauchs in der Schweiz decken.<sup>6</sup> Wer sich für das Potenzial an der eigenen Immobilie interessiert, kann einen Schnell-Check auf einer extra hierfür angelegten Seite des Bundesamts für Energie (BFE) durchführen ([Dächer](#) / [Fassaden](#)). Im Jahr 2024 lieferte die Solarstromproduktion insgesamt 6.9 TWh.<sup>7</sup> Das sind rund 10% des vorhandenen Potenzials. **Die PV-Fassaden allein lieferten im Jahr 2023 etwa 7.6 MWh. Im Jahr 2025 wird Solarstrom bereits rund 14 % des Strombedarfs decken.** Eine mehr als Verzehnfachung der Solarstromproduktion wäre demnach theoretisch noch möglich. Dabei dürften zwischen 27 % und 35 % des gesamten Solarstromertrags im Winterhalbjahr anfallen<sup>8</sup>. Auch bei Fassadenanlagen steht somit der Eigenverbrauch im Vordergrund.

Rund 85 % der Schweizer Bevölkerung lebt heute in städtischen Kernräumen oder deren Einflussgebieten. Das urbane Umfeld spielt eine wichtige Rolle bei der Energiewende, da hier am meisten Energie verbraucht wird und viele Initiativen und technische Ansätze entwickelt werden. Städte bieten auch viel Potenzial für die Nutzung erneuerbarer Energien, das verstärkt ausgeschöpft werden muss, um die Energiewende zu erreichen. GiPV wird dabei eine wichtige Rolle spielen, insbesondere aufgrund des hohen Altbaubestands in Schweizer Städten. Laut dem Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein (SIA) werden jährlich etwa 1 % des Gebäudebestands saniert.<sup>9</sup> **Um PV-Anlagen schneller in die Städte zu bringen, sollte daher nicht auf die organische Entwicklung gemäss Sanierungsgeschwindigkeit gesetzt werden – stattdessen sind politische Massnahmen wie Lenkungen, Förderungen und Rahmenbedingungen notwendig.**

### **Schweizer Akteure setzen bereits auf den grünen Fassaden-Strom**

Laut der «Statistik Sonnenenergie 2023» des BFE wurden im Berichtsjahr 57'865 Solaranlagen installiert, davon waren **277 Fassadenanlagen (0.5%).**<sup>10</sup> Obwohl der Jahresertrag der PV auf Steildächern höher ist, **liefern Fassadenanlagen in den Wintermonaten mehr Strom.** Besonders bei Hochhäusern könnte PV dazu beitragen, die Winterstromproblematik zu entschärfen.<sup>11</sup> Fassadenanlagen können grundsätzlich auf unterschiedlichen Gebäudetypen angebracht werden – beispielsweise auf Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser, Bürogebäude und das sowohl im ländlichen wie auch im urbanen Gebiet. Im Folgenden eine kleine Auswahl an Referenzobjekten in der Schweiz.

<sup>3</sup> SNF, 2019: [Gebäudeintegrierte Photovoltaik – ästhetisch, effizient und akzeptiert](#)

<sup>4</sup> Meteotest, 2019: [Das Schweizer PV-Potenzial basierend auf jedem Gebäude](#)

<sup>5</sup> BFE, 2022: [Studie Winterstrom aus Photovoltaik - Produktionsprofile aller Schweizer Gemeinden](#)

<sup>6</sup> Swissgrid, 2025: [Produktion und Verbrauch](#)

<sup>7</sup> Swissolar, 2024: [Solarmonitor Schweiz](#)

<sup>8</sup> Energie Schweiz, 2021: [Studie Winterstrom Schweiz](#)

<sup>9</sup> sia, 2023: [Schweizer Gebäudepark: Neubauten oder Sanierungen?](#)

<sup>10</sup> BFE, 2024: [Statistik Sonnenenergie. Referenzjahr 2023](#)

<sup>11</sup> Energieexperten, 2023: [Fassaden-Photovoltaik: Wann lässt die Schweiz die Sonne ran?](#)



Abbildung 1: Aus einem Einfamilienhaus entstand dieses Minergie-P-Gebäude mit fünf Wohnungen als Mehrgenerationenhaus. Es produziert dreimal mehr Strom als es verbraucht, und benötigt im Winter keine Fremdenergie. (Foto: Schweizer Solarpreis 2022).



Abbildung 2: Dieses sanierte Mehrfamilienhaus in Fahrwangen produziert jährlich 78'000 kWh Solarstrom – dreimal mehr, als es selbst braucht – im Winterhalbjahr bleibt ein Überschuss von 7'700 kWh. (Foto: Schweizer Solarpreis 2022)

Abbildung 3 (unten links): Der Hauptsitz von Energie 360° in Zürich-Altstetten ist in den vergangenen zwei Jahren instandgesetzt und umgebaut worden. Die grossflächige Photovoltaik-Fassade und deren brandschutztechnische Realisierung haben Pioniercharakter.<sup>12</sup> Die Dach- und Fassadensolaranlagen mit 1600 Elementen erzeugen etwa 325 MWh Strom pro Jahr. ([Link](#), © Luca Rüedi)



Abbildung 4 (oben rechts): Das neue Gebäude des Amtes für Umwelt und Energie der Stadt Basel ist 25 Meter hoch und komplett in eine Solarfassade gehüllt, die sich über 1140 m<sup>2</sup> erstreckt. Mit den installierten 163 kWp PV-Leistung kann sich das Gebäude selbst mit Solarstrom versorgen. Phasenweise werden noch Überschüsse ins Stromnetz eingespeist. Zum wirklichen Hingucker wird die Photovoltaik-Fassade jedoch durch die golden schimmernden Solarmodule, die dem Bau eine besondere Optik verleihen. ([Link](#), © Megasol Energie AG)



Abbildung 5 In der Migros-Filiale Münsingen hat die Genossenschaft Migros Aare im Jahr 2020 erstmals eine Solarfassade in Betrieb genommen. Die Fassade hat eine Fläche von 1'816 m<sup>2</sup>, wovon 1'233 m<sup>2</sup> mit Solarmodulen mit einer Gesamtleistung von 218.5 kWp belegt sind. ([Link](#), © Migros)

<sup>12</sup> [Beitrag SRF: Photovoltaik an Fassaden wird immer beliebter](#)

Diese Schweizer Projekte zeigen die vielfältigen Möglichkeiten, auf welchen Gebäudetypen und mit welcher Ästhetik, PV-Fassadenanlagen konzipiert und umgesetzt werden können.

## 2.2 Herausforderungen

### 2.2.1 Anfangsinvestitionen

Kurzbeschreibung: Investoren müssen überzeugt werden, dass Fassaden-PV eine lohnende Investition ist. Trotz der Vorteile zögern viele Bauherrschaften noch. Gegenüber Dach-PV-Anlagen ist die Fassaden-PV infolge des geringeren Ertrags pro Fläche **weniger rentabel**.

Lösungsansatz: Insbesondere den Investor:innen kann man mit ökonomischen Argumenten verdeutlichen, dass **Fassaden-PV im Winter eine verlässliche Eigenstrom-Quelle** ist und somit den günstigen Eigenstrom auch im Winter ermöglicht. Oft bietet sich auch eine Kombination von Dach- und Fassaden-PV an. Zudem liegt der Aufpreis einer Solarfassade gegenüber einer konventionellen Fassade im statistischen Mittel bei rund CHF 450.- bis 500.- pro m<sup>2</sup>, und damit in einer ähnlichen Grössenordnung wie eine Aufdach-PV-Anlage. Ausserdem werden die **Investitionskosten von PV-Anlagen staatlich subventioniert (Pronovo)**, sowie in vielen Städten der Schweiz zusätzlich auch kommunal, so auch in Winterthur (Stadtwerk). Bei Fassaden-PV liegen diese Subventionen je nach Bauart (angebaut oder integriert) insgesamt zwischen CHF 125.- und 180.- pro m<sup>2</sup>.

### 2.2.2 Brandschutz

Kurzbeschreibung: Mit zunehmender Gebäudehöhe steigen die Brandschutzanforderungen, die in der Schweiz kantonal geregelt sind. Besonders bei **Hochhäusern über 30 Meter müssen strenge Brandschutzvorschriften** eingehalten werden. Beispielsweise müssen die Aussenwandbekleidungen von Hochhäusern aus nicht brennbaren Baustoffen bestehen. Grundsätzlich sind Photovoltaikanlagen daher ohne weitere Massnahmen an Fassaden von Hochhäusern nicht zulässig. Allerdings können die Brandschutzbehörden der Installation einer Photovoltaikanlage an der Fassade für Gebäude ab 11 Meter zustimmen, wenn in einem Nachweisverfahren gezeigt wird, dass die Schutzziele und Brandschutzanforderungen gewährleistet sind.

Lösungsansatz: Swissolar hat in Zusammenarbeit mit der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) einen **Leitfaden für die Planung von PV-Anlagen an Fassaden** veröffentlicht.<sup>13</sup> Eine frühzeitige Einbindung der Brandschutzbehörden ist wichtig, um objektspezifische Lösungen zu finden und die Einhaltung aller Vorschriften sicherzustellen. In Fällen ohne objektspezifische Brandversuche wird ein argumentatives Nachweisverfahren angewendet.

---

<sup>13</sup> Swissolar, 2023: [Brandschutz](#)

### 2.2.3 Unterhalt und Pflege

Kurzbeschreibung: Reparaturen hinter Solarpanels sind besonders bei hohen Gebäuden schwierig.

Lösungsansatz: **Moderne Überwachungssysteme** können die Leistung der PV-Anlagen kontinuierlich überwachen und bei Abweichungen sofort Alarm schlagen. Dennoch sollten regelmässige Kontrollen der PV-Anlagen durchgeführt werden, um frühzeitig Verschmutzungen und Schwachstellen zu erkennen. Für die Wartung und Reparatur von Fassaden-PV-Anlagen sind sichere Zugangssysteme erforderlich. In der Regel kommen hierfür temporäre Hebebühnen zum Einsatz. Bei Hochhäusern mit Glasfassaden sind oft fest installierte Fassadenbefahranlagen für die Fensterreinigung üblich, welche auch für die Wartung und Reinigung von Fassaden-PV-Anlagen eingesetzt werden können.

### 2.2.4 Denkmalschutz und Bauzone

Kurzbeschreibung: Der Denkmalschutz kann die Umsetzung von Photovoltaikanlagen an Fassaden erschweren. **Denkmalgeschützte Gebäude machen etwa 4% des Bestands in der Schweiz aus**<sup>14</sup>. Bei diesen Gebäuden muss die historische und kulturelle Bedeutung bewahrt werden, was bedeutet, dass bauliche Veränderungen, einschliesslich der Installation von PV-Anlagen, die Ästhetik und Authentizität des Gebäudes nicht beeinträchtigen dürfen. Die kantonalen Denkmalschutzgesetze verlangen detaillierte Prüfungen jeder Massnahme. Historische Gebäude haben oft kleine und unregelmässige Fassadenflächen (z.B. Erker), was die Installation von Fassaden-PV-Anlagen zusätzlich erschwert. Dies erfordert kreative und massgeschneiderte Lösungen, um den Spagat zwischen Photovoltaik und Denkmalschutz zu meistern.

Lösungsansatz: Die Integration von PV-Anlagen in denkmalgeschützte Gebäude ist oft komplex. Indach-Systeme oder **fassadenintegrierte Photovoltaik können das äussere Erscheinungsbild minimal verändern** und eine Alternative zu traditionellen Fassaden darstellen. Um die Entwicklung zu fördern, stellt zum Beispiel die Stadt Zürich finanzielle Mittel zur Verfügung, um Abklärungen betreffend Solaranlagen in denkmalgeschützten Gebäuden vornehmen zu lassen.

### 2.2.5 Statik und Baubeschaffenheit

Kurzbeschreibung: Fassaden-PV-Anlagen müssen höheren **Windbelastungen** standhalten als normale Gebäude.

Lösungsansatz: Die **Verwendung von leichten PV-Modulen** reduziert die Belastung der Fassade und erleichtert die Installation. Diese Module sind speziell für die Integration in Fassaden entwickelt und bieten eine hohe Stabilität. Spezielle Montagesysteme bieten eine durchdachte Technik und einfache Montage. Diese Systeme sind so konzipiert, dass sie den Windlasten standhalten und gleichzeitig eine hohe Gestaltungsfreiheit ermöglichen. Die Tragkonstruktionen der Fassaden müssen teilweise verstärkt werden, um die zusätzlichen Lasten durch die PV-Module und die Windbelastungen zu tragen. Vor der Installation sollten detaillierte Windlastberechnungen durchgeführt werden, um die spezifischen Anforderungen des Standorts zu berücksichtigen. Regelmässige

---

<sup>14</sup> EnergieSchweiz: [Wie Denkmalschutz und energetische Erneuerung zusammengehen](#)

Inspektionen der PV-Anlagen und ihrer Befestigungen sind entscheidend, um sicherzustellen, dass sie den Windbelastungen langfristig standhalten.

## 2.2.6 Attraktivität und Ästhetik

Kurzbeschreibung: Die **fehlende Akzeptanz** hinsichtlich der Attraktivität und Ästhetik ist bei PV-Elementen spürbar. Die ästhetische Integration von Solarpaneelen in die Gebäudefassade kann komplex sein, insbesondere bei Sanierungen.

Lösungsansatz: Bei PV-Elementen besteht eine **hohe Auswahl an Farben, Transparenzen und Mustern** auf dem Markt. Es gibt eine grosse Gestaltungsvielfalt, die es ermöglicht, alte, wie neue Gebäude modern und ästhetisch aussehen zu lassen.



Abbildung 6: Das MFH in Poschiavo generiert dank der ganzflächigen fassaden- und dachintegrierten PV-Anlage rund 45'000 kWh pro Jahr. Dies führt zu einem Solarstromüberschuss von rund 509% oder 37'600 kWh/a. Das Haus erhielt den Norman Foster PEB-Solar Award 2022 sowie den Schweizer Solarpreis 2022 dafür. Neben der erstaunlichen Stromproduktion über das ganze Jahr, besticht das Gebäude durch eine attraktive Architektur und moderne Ästhetik. ([G-22-10-01 Solarpreispublikation 2022](#), Foto: Schweizer Solarpreis 2022)

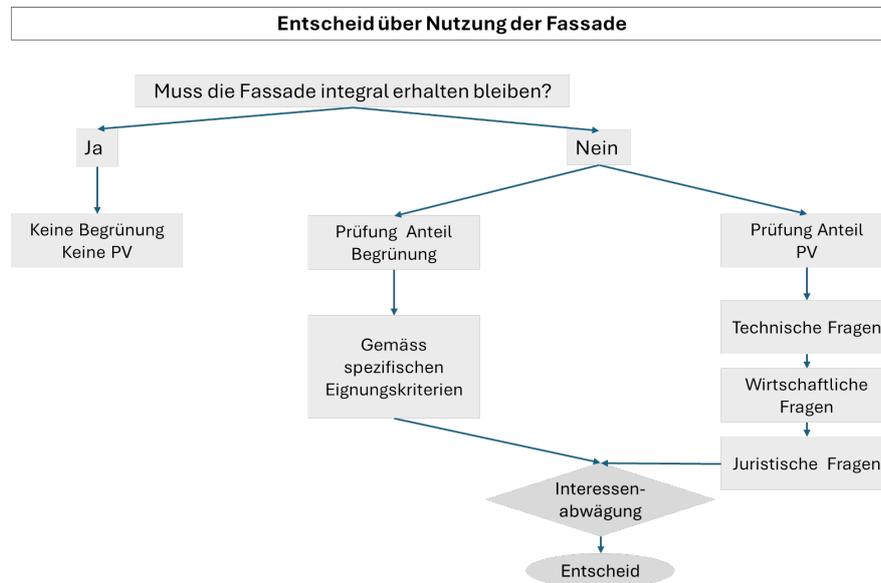
## 2.2.7 Flächenkonflikt mit der Vertikalbegrünung

Kurzbeschreibung: In dicht bebauten städtischen Gebieten sind Massnahmen zu Hitzeminderung immer notwendiger. Begrünungen an Gebäuden sind daher eine sinnvolle Massnahme, stehen aber bezüglich den zur Verfügung stehenden Vertikalflächen in gewisser **Konkurrenz zu Fassaden-PV-Anlagen**.

Lösungsansatz: Eine Studie der Hochschule Luzern<sup>15</sup> zeigt, dass **PV-Anlagen und Begrünungen an Fassaden gut kombiniert** werden können. PV-Anlagen können vorzugsweise an den weniger oder nicht verschatteten oberen Stockwerken installiert werden, während Begrünungen in den unteren Bereichen oder Innenhöfen platziert werden.

<sup>15</sup> HSLU, 2024: [GreenPV – Potenzial Gebäudehülle](#)

Die Ausrichtung der Fassade spielt dabei eine wichtige Rolle. **Begrünte Fassaden bieten Vorteile wie Kühlung, Verbesserung der Luftqualität und Förderung der Biodiversität**, während PV-Anlagen zur Energiegewinnung beitragen. Die Kombination von PV und Begrünung kann Synergien schaffen, indem sie sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile bietet. Eine gut geplante Integration kann die Nutzung der Fassadenfläche optimieren.



## 2.3 Chancen

### 2.3.1 Beitrag zur Erreichung von Klimazielen

Fassaden-PV kann aus verschiedenen Gründen einen bedeutenden Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten. Fassaden bieten zusätzliche Flächen für die Installation von PV-Anlagen, insbesondere in dicht bebauten städtischen Gebieten, wo Dachflächen begrenzt sind. Durch die Nutzung von Fassadenflächen kann die **Gesamtmenge an erzeugtem Solarstrom erheblich gesteigert werden**. Die Nutzung von Solarenergie trägt zur Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen bei, da sie eine saubere und erneuerbare Energiequelle darstellt – insbesondere in Kombination mit einer Wärmepumpe und als Ersatz zu fossilen Heizungen.

### 2.3.2 Produktion von Winterstrom

PV-Fassaden erzeugen Strom und weisen sowohl eine positive Ökobilanz als auch positive Lebenszykluskosten auf. **Die Amortisationszeit der PV-Anlagen hängt stark von der Stromproduktion ab**. Der jährliche Ertrag eines PV-Moduls an einer unverschatteten Südfassade ist bis zu 2.3-mal höher als an einer Nordfassade. Entscheidend ist die Anordnung der Module an unverschatteten Flächen. Bei einem PV-Modul im Erdgeschoss reduziert sich der Stromertrag um bis zu 45 % im Vergleich zu einem unverschatteten Modul im obersten Geschoss. Die jährliche Stromproduktion einer unverschatteten, nach Süden ausgerichteten Fassadenanlage ist um 20% geringer als die einer Dachanlage gleicher Leistung, **erzeugt aber im Winter je nach Standort bis 43%**

**mehr Strom<sup>16</sup>. Sinnvoll angeordnete Module (d.h. in Süd-, Ost- und Westausrichtung ohne Verschattung) können nach dem heutigen Stand in weniger als 20 Jahren amortisiert werden.** Je nach Entwicklung der Subventionen und der saisonalen Strompreise (Netzstrom- und Rücklieferatarife) kann sich die Amortisationsdauer verkürzen oder verlängern. An verschatteten Fassadenflächen sind PV-Fassaden weniger oder gar nicht rentabel.

### 2.3.3 vZEV und LEG

Produzentinnen von Solarstrom, beispielsweise öffentliche Liegenschaften oder ein Schulhaus im Quartier, erzeugen auf den Dächern und Fassaden Solarstrom. Mit dem neuen Stromgesetz, das seit dem 1. Januar 2025 in Kraft ist, wurden in der Schweiz die Rahmenbedingungen für die Vermarktung von Solarstrom deutlich verbessert. Mit dem **virtuellen Zusammenschluss zum Eigenverbrauch vZEV** ist es nun vielerorts möglich, **Solarstrom lokal zu produzieren und innerhalb des Quartiers zu einem wesentlich attraktiveren Tarif als die reine Netz-Rückspeisung zu vermarkten.**

Aufgrund der bestehenden Topologie des Verteilnetzes der Stadt Winterthur, welches mehrheitlich aus einem sog. Muffen-Netz besteht, dürften vZEVs in der Stadt Winterthur allerdings weniger häufig sein. Bei Muffen-Netzen bestehen besondere Bestimmungen, welche die Möglichkeiten für die Bildung von vZEVs einschränken.

Voraussichtlich ab dem 1. Januar 2026 werden allerdings die Vermarktungsmöglichkeiten für lokal produzierten Solarstrom räumlich erweitert. **Mit der Einführung von Lokalen Elektrizitätsgemeinschaften LEG kann der Solarstrom innerhalb der Gemeinde vermarktet werden.** Umgekehrt erhalten interessierte Verbraucher auf diese Weise einfachen Zugang zu lokalem Solarstrom, indem sie einer LEG beitreten. Die Solarstrom-Produzenten und die LEG-Teilnehmer müssen dabei in derselben Netzebene mit dem Stromnetz verbunden sein. Netztopologien wie beispielsweise Muffen-Netze bilden dabei kein Hindernis.

**Stadtwerk Winterthur beabsichtigt denn auch die systematische Bildung von LEGs auf dem ganzen Stadtgebiet.** Seit April 2025 ist Stadtwerk Mitglied der sich im Aufbau befindlichen Web-Plattform [LEGhub](#). Auf dieser Plattform können sich interessierte Solarstrom-Produzenten und potenzielle Solarstrom-Abnehmer registrieren und die ersten Schritte zur Bildung oder Beitritt zu einem vZEV, oder zu einer LEG (ab 2026) einleiten. Da sich diese Plattform noch im Aufbau befindet, sind Informationen und Anmelde-möglichkeiten auch auf der Webseite<sup>17</sup> von Stadtwerk Winterthur möglich.

### 2.3.4 Flächennutzung

Photovoltaik-Fassaden bieten aufgrund der verfügbaren opaken Vertikalflächen eine zusätzliche Möglichkeit zur Stromproduktion, auch wenn der Ertrag pro Fläche im Jahresdurchschnitt geringer ist als bei Dachanlagen. Der absolute Ertrag der Fassadenanlage kann allerdings den Ertrag einer Dachanlage problemlos übersteigen, denn Fassaden weisen in vielen Fällen ein deutlich höheres nutzbares Flächenangebot auf.

---

<sup>16</sup> BFE, 2024: [Potential Gebäudehülle – Lösungsansätze zur optimalen Fassadengestaltung mit PV und Begrünung im Hinblick auf den Klimawandel.](#)

<sup>17</sup> Weblink: <https://stadtwerk.winterthur.ch/Angebot/Strom/Eigenverbrauch-EVG---ZEV---vZEV---LEG/Lokale-Elektrizitaetsgemeinschaft-LEG>

### 3. Methodik zur generischen Potenzialabschätzung von PV-Fassaden

In diesem Kapitel werden zunächst einige **statistische Daten zum Immobilienbestand der Stadt Winterthur**, sowie die für die Potenzialabschätzung erforderlichen **Gebäude-daten** von Bestands- und Neubauten aufgeführt. Diese Informationen bilden die Grundlage, um eine Potenzialabschätzung von Fassaden-PV für das Immobilienportfolio der Stadt Winterthur überhaupt zu ermöglichen.

Anschliessend werden die spezifischen **Eignungskriterien** erläutert, anhand derer die am besten geeigneten Gebäude identifiziert werden können. Dazu gehören technisch / wirtschaftliche, organisatorisch / betriebliche Kriterien, sowie Kriterien der Akzeptanz und Kriterien hinsichtlich der Kombination mit einer Fassadenbegrünung.

Als nächstes werden **Prinzipien** für PV-Fassaden sowohl im Bestand als auch im Neubau beschrieben. Diese Prinzipien umfassen architektonische sowie vertiefende technische Aspekte.

Schliesslich wird das generische **Vorgehen für eine Potenzialanalyse** detailliert anhand einer Checkliste dargestellt.

Im darauffolgenden Kapitel 4 wird die Checkliste zur Potenzialanalyse anhand von zwei Pilotobjekten angewendet – eines davon im Bestand, eines als Neubau – um die praktische Anwendbarkeit und Effizienz der vorgeschlagenen Methodik zu überprüfen.

#### 3.1 Facts und Figures der städtischen Liegenschaften

Im Eigentum der Stadt Winterthur befinden sich 464<sup>18</sup> Gebäude bzw. Einzelobjekte mit **Baujahr zwischen 1560 und 2017** (ohne die Schlösser Hegi und Mörsburg).

**75% des Immobilienbestands** setzen sich aus den folgenden vier Gebäudearten zusammen:

- 36% bzw. 169 Objekte sind Schulgebäude, Sport- und Freizeitanlagen
- 30% bzw. 141 Objekte sind Wohngebäude
- 5% bzw. 21 Objekte sind Amtshäuser / Bürobauten
- 4% bzw. 18 Objekte sind Einrichtungen für Pflege und Gesundheit

Das sind insgesamt 349 Objekte. **Für 235 von ihnen sind Instandstellungsarbeiten oder Sanierungsmassnahmen an der Fassade innerhalb der nächsten 15 Jahre vorgesehen.**

**Die übrigen 25% des Immobilienbestands** der Stadt Winterthur setzen sich aus Gebäudearten wie landwirtschaftliche Gebäude, technische Betriebe, Werke, Vereinshäuser, Museen, Bibliotheken, Ausstellungsgebäude usw. zusammen. Auch diese könnten im Einzelfall für Fassaden-PV-Anlagen interessant sein.

---

<sup>18</sup> Versicherungswert > CHF 500'000, erfasst in Stratus, Stadt Winterthur

### 3.2 Gebäudedaten für PV-Fassaden

Nachfolgend werden die erforderlichen und optionalen Gebäudedaten aufgeführt, welche für die Potenzialanalyse für PV-Fassaden erforderlich bzw. optional sind.

Tabelle 1: Erforderliche und optionale Angaben für die Bearbeitung einer flächendeckenden Potenzialanalyse

<b>Ebene</b>	<b>Information</b>	<b>Erforderlich</b>	<b>Optional</b>
1. Umfeld-Daten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sonneneinstrahlung / Klima</li> <li>• Geografische und topografische Daten</li> </ul>	✓	✓
2. Mengen-Daten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengengerüst Bestand</li> <li>• Mittelfristig geplante Neubauten</li> </ul>	✓	
3. Technische und bauliche Daten	• Alter des Gebäudes	✓	✓
	• Verbleibende Bewirtschaftungsdauer	✓	
	• Datum letzte bzw. nächste Sanierung (Gebäudehülle)	✓	
	• Fassadenflächen total, sowie Glasflächen pro Fassadenausrichtung, je in m <sup>2</sup>	✓	
	• Technische Eckdaten bestehender PV-Anlage(n)	✓	
	• Angaben zur Fassadenkonstruktion <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mehrschaliger Wandaufbau mit hinterlüfteter Aussenverkleidung aus Fassadenelementen (Kaltfassade)</li> <li>○ Wandaufbau ohne hinterlüftete Aussenverkleidung (Warmfassade)</li> </ul>		✓
4. Ökonomisch / betriebliche Daten	• Eigentümerschaft		✓
	• Art der Nutzung (Büro, Gewerbe, Wohnen, etc.) mit Flächenangaben in m <sup>2</sup> pro Nutzungsart	✓	
	• Elektrischer Energieverbrauch des Gebäudes total (Jahresverbrauch in kWh / gemessener Jahreslastgang mit 8'760 Stundenwerten)	✓	

### 3.3 Eignungskriterien für PV-Fassaden: Bestand und Neubau

Neben der Definition der notwendigen und optionalen Gebäudedaten werden die spezifischen Eignungskriterien dargestellt, welche für die Durchführung der Potenzialanalyse und die Auswahl geeigneter Gebäude massgeblich sind. Dazu gehören technisch-wirtschaftliche, organisatorisch-betriebliche Kriterien, Kriterien der Akzeptanz sowie zur Schnittstelle der Fassadenbegrünung.

Tabelle 2: Eignungskriterien für Fassaden-PV im Bestand und im Neubau

Eignungskriterien für Fassaden-PV		Grund	Bestand	Neubau
<b>1. Technisch / wirtschaftlich</b>				
1.1	Gebäude mittlerer Höhe (11-30m) und Hochhäuser (> 30m) mit hohem opakem Flächenanteil	Grosses Flächenpotenzial	✓	✓
1.2	Wenig Verschattung aus der direkten Umgebung (Bäume; Nachbargebäude), insbesondere für die oberen 2/3 der Fassaden; Abgrenzung zur Begrünung nötig	Optimales Potenzial (Bestand) Gutes Potenzial (Neubau)	✓	✓
1.3	Mehrheitlich besonnte (südlich/südwestlich/südöstlich ausgerichtete) Fassaden	Optimales Ertragspotenzial	✓	ist i.A. noch beeinflussbar
1.4	Fokus auf diese Fassadentypen (Attraktivität in absteigender Reihenfolge; qualitative Einschätzung): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fensterlose (geschlossene) Fassaden</li> <li>• Fassaden mit horizontal oder vertikal durchgehenden opaken Fassadenstreifen</li> <li>• Lochfassade; Fassade mit einzelnen Fenstern</li> </ul>	Effiziente Umsetzung und hohe Ausnutzung des Flächenpotenzials	✓	ist i.A. noch beeinflussbar
1.5	Verbleibender Bewirtschaftungszeitraum > 25 Jahre	Nutzung über die gesamte Lebensdauer der PV-Anlage	✓	i.A. gegeben
1.6	Bündelung von zusammenhängenden Fassaden (und Dächern) angrenzender Objekte	Möglichkeit zur Bildung eines vZEV / LEG	✓	✓
<b>2. Organisatorisch / betrieblich</b>				
2.1	Eigentumsverhältnis 100% Stadt Winterthur	Maximaler Handlungsspielraum aus Sicht der Eigentümerschaft	✓	✓
2.2	Fokus auf Objekte ohne Denkmalschutz	Erleichterte Bewilligungsfähigkeit	✓	n/a
2.3	Fokus auf Gebäude mit erhöhtem elektrischem Energiebedarf (im Gegensatz beispielsweise zu Lagerhallen)	Hohes PV-Eigenverbrauchspotenzial	✓	✓

2.4	Wirtschaftlichkeitspotenzial: Erlös aus PV-Strom (Einsparungen von Netzstrom bzw. Verkauf von PV-Strom an Mieter/Dritte) übersteigt langfristig die Kosten der PV-Fassade (Amortisation des Aufpreises, Betriebskosten)	PV-Anlage ist über ihre Lebensdauer rentabel	✓	✓
2.5	Noch nicht geplante aber ggf. vorgesehene Sanierung der Gebäudehülle	Ermöglicht Synergien mit Umsetzung der PV-Anlage	✓	n/a
<b>3. Akzeptanz</b>				
3.1	Attraktive (zusammenhängende) opake Flächenanteile an den am stärksten besonnten Fassaden	Ermöglicht eine ansprechende Optik	✓	ist i.A. noch beeinflussbar
3.2	Sichtbarkeit für die Öffentlichkeit (insb. für Pilotprojekte)	Leuchtturmcharakter	✓	✓
3.3	Ästhetisches Potenzial	Erhöht die allgemeine Akzeptanz	✓	✓
<b>4. Schnittstelle zur Fassadenbegrünung</b>				
4.1	Berücksichtigung Klimakarte und Hitzebelastung	Begrünung soll spürbare Kühlwirkung entfalten	✓	✓
4.2	Objekte bevorzugt für vulnerable Nutzergruppen (Schulhäuser, Alterszentren)	Kühlwirkung wird besonders entlastend wahrgenommen	✓	✓
4.3	Materialisierung der direkten Umgebung bevorzugt unversiegelt	Unterstützung der Kühlwirkung	✓	✓
4.4	Erdgeschossnutzung und Zugänglichkeit / ggf. Einzäunung	Schutz vor Vandalismus	✓	✓
4.5	Untergrund / Verkantungssituation / Untergeschosse	Verkantungungen können zu physischen Konflikten führen	✓	✓
4.6	Witterungsexposition: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Besonnte Bereiche</li> <li>• Wenig Windexposition bevorzugt</li> </ul>	Entfaltet beste Wirkung Kleinere Windlasten / Segeleffekte	✓	✓

### 3.4 Prinzipien für PV-Fassaden: Bestand und Neubau

Während die Gebäudedaten und die Eignungskriterien notwendig sind, um die Durchführung der Potenzialanalyse zu gewährleisten, gibt es parallel dazu Prinzipien, welche einen optimalen Solarenergie-Ertrag von PV-Anlagen an der Fassade ermöglichen. Dazu gehören architektonische sowie technische Prinzipien sowohl im Bestand als auch im Neubau, welche im Folgenden aufgeführt sind.

Tabelle 3: Prinzipien für die Konzipierung von PV-Anlagen an Fassaden im Bestand und im Neubau

Prinzipien für Fassaden-PV		Absicht	Bestand	Neubau
<b>1. Architektur</b>				
1.1	Nutzung der Möglichkeiten moderner PV-Module (Farben, Oberflächenstruktur) als Gestaltungsmittel	Erzielen einer ansprechenden Optik	✓	✓
1.2	Beschattung mittels (beweglichen) PV-Elementen (sommerlicher Sonnenschutz durch PV-Elemente beispielsweise anstelle eines Lamellenstorens)	Schaffung von zusätzlichem Ertragspotenzial	✓	✓
1.3	Optimierung der Gebäudeausrichtung	Schaffung von optimalem Ertragspotenzial	nicht beeinflussbar	✓
1.4	Schaffung zusammenhängender opaker Flächen an den am stärksten besonnten Fassaden <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fensterlose (geschlossene) Fassaden</li> <li>• Fassaden mit horizontal durchgehenden opaken Fassadenstreifen</li> <li>• Lochfassade; Fassade mit einzelnen Fenstern; vertikale opake Fassadenstreifen</li> </ul>	Schaffung eines hohen Flächenpotenzials	nicht beeinflussbar	✓
1.5	Nutzung von zusammenhängenden opaken Flächen	Ermöglicht wirtschaftlich realisierbare Lösung	✓	✓
<b>2. Technisch (vertieft)</b>				
2.1	Primär: Ersatz von passiven Fassaden(-elementen) durch PV-Elemente (flächige Integration in hinterlüfteter Aussenverkleidung eines mehrschaligen Wandaufbaus)	Hoher Synergie-Effekt; Verteilung der Kosten	✓	n/a
2.2	Sekundär: Ergänzung der bestehenden Fassade mit vorgehängten PV-Elementen (Rahmenkonstruktion mit Hinterlüftungsabstand vor bestehende Warmfassade)	Reduzierter Synergie-Effekt	✓	n/a
2.3	Integration von PV- anstatt passiver Elemente in hinterlüftete Fassaden-Aussenverkleidung	Hoher Synergie-Effekt; Verteilung der Kosten		✓
2.4	Anwendung des <a href="#">Übergangsdokuments (Swissolar)</a> für hinterlüftete PV-Anlagen an Fassaden	Berücksichtigung der Brandschutzauflagen	✓	✓
2.5	Nutzung primär der oberen 2/3 der Fassadenflächen für PV	Abgleich mit Fassadenbegrünung	✓	✓

### 3.5 Vorgehen der Potenzialabschätzung PV-Fassaden

Die folgende Tabelle stellt das generische Vorgehen und 15 Schritte für eine flächendeckende Potenzialanalyse in Form einer Check-Liste dar. Zum Bearbeiten dieser Check-Liste müssen zuvor genannte Gebäudedaten (3.2) eingeholt und Eignungskriterien (3.3) berücksichtigt werden. Die beschriebenen Prinzipien (3.4) helfen, mögliche Gebäude noch vor der Installation einer PV-Fassadenanlage zu optimieren. Untenstehende Tabelle wurde für die Stadt Winterthur erstellt, sodass die Datenquelle sich auf den Kontext in Winterthur bezieht.

Tabelle 4: Check-Liste zum Vorgehen der Potenzialanalyse

Anknüpfungspunkt / Aktivität	Beschrieb	Datenquelle
1. Erstellen einer <i>Longlist</i>	Das Erstellen einer <i>Longlist</i> aller Objekte mit den Grundlagendaten (3.1) ist der erste Schritt, um eine Übersicht zu erhalten, welche Gebäude es überhaupt gibt und welche Gebäude für eine Fassaden-PV-Anlage in Frage kommen.	Gebäudedaten der Stadt Winterthur (aufbereiteter Auszug aus <i>Stratus</i> )
2. Bewirtschaftungsdauer < 25 Jahre	Alle Objekte mit einer restlicher Bewirtschaftungsdauer unter 25 Jahren werden weggefiltert, da sich die Fassaden-PV-Anlage wirtschaftlich nicht rentiert.	
3. Bevorstehende Gebäudehüllensanierung	Alle Objekte mit unmittelbar bevorstehender Gebäudehüllensanierung werden weggefiltert, da es prozessual zu spät ist, um noch ein PV-Fassadenprojekt zu lancieren.	
<b>Für die verbleibenden Objekte</b>		
4. Grobschätzung Verschattung	Qualitatives Abschätzen der Verschattung aus der näheren Umgebung	z.B. mit <a href="#">GIS-Daten</a>
5. Verschattete Objekte	Wegfiltern aller Objekte, deren besonnte Fassaden im Jahresverlauf tagsüber mehrheitlich verschattet sind (z.B. zu > 50% der Zeit; qualitative Abschätzung)	Ergebnis aus Pkt. 4
<b>Für die verbleibenden Objekte</b>		
6. Opake Flächen und Fassadenausrichtung	Ermitteln / abschätzen der opaken Flächen pro Fassadenausrichtung in m <sup>2</sup>	Gebäudedaten
7. Grobschätzung PV-Anlageleistung	Abschätzen einer realistischen PV-Anlageleistung	Ergebnis aus Pkt. 6; typische PV-Moduldaten
8. Grobschätzung PV-Jahresertrag	Abschätzen des PV-Jahresertrags; ev. grafischer Plot (Tages- und Jahresverlauf)	z.B. mit <a href="#">PVGIS</a>
9. Plausibilitäts-Vergleich	Plausibilitäts-Check	z.B. mit BFE-Tool: <a href="#">Wie viel Strom oder Wärme kann meine Hausfassade produzieren?</a>
10. PV-Ertragspotenzial	Wegfiltern aller Objekte mit dem geringsten PV-Ertragspotenzial (die besten 10-20% behalten)	Ergebnis aus Pkt. 8

Anknüpfungspunkt / Aktivität	Beschrieb	Datenquelle
<b>Für die verbleibenden Objekte (ca. 10%)</b>		
11. Flächenanteil für Fassadenbegrünung	Abschätzen des Begrünungs-Anteils der Fassade, der entsprechenden Reduktion der Fassadenfläche für PV, und der resultierenden Leistungs- und Ertragsreduktion der PV-Anlage	Berücksichtigung des Postulats 2024.78 sowie des Berichts <a href="#">GreenPV</a> (HSLU, 2024)
12. PV-Eigenverbrauchsgrad	Abschätzen des PV-Eigenverbrauchsgrads der Fassaden-PV-Anlage durch gegenüberstellen des Jahres-PV-Produktionsprofils mit dem Jahres-Lastprofil; z.B. mit Berechnungstool EBP	Stadtwerk; ggf. SIA 2056; <a href="#">PVGIS</a>
13. CO <sub>2</sub> -Einsparung	Abschätzen der jährlichen CO <sub>2</sub> -Einsparung dank PV-Anlage bezogen auf den typischen CH-Verbrauchermix, sowie bezogen auf Öl und Gas als Energieträger; Einbezug der CO <sub>2</sub> -Emissionen durch Produktion und Rückbau der PV-Anlage	Publikationen von Swissolar und BAFU
14. Grobkostenschätzung	Grobkostenschätzung für die Investition in PV-Fassade (nur Mehrkosten der PV-Anlage an der gesamten Fassade)	Ergebnis aus Pkt.11; Erfahrungswerte Swissolar
15. Wirtschaftlichkeitsabschätzung	Berechnung aus den Investitions-, Kapital- und Betriebskosten, den Administrationskosten, den PV-Gestehungskosten und dem Wert des vermiedenen Netzstroms	Ergebnis aus Pkt.14; Vorgaben und Marktdaten der Stadtwerk

## 4. Potenzialanalyse von zwei Pilotobjekten

Die Anwendung der oben dargestellten Methodik zur flächendeckenden Potenzialanalyse ([Kapitel 3](#)) wird exemplarisch an zwei Objekten (ein Sanierungs- und ein Neubauobjekt) demonstriert. Dabei handelt es sich um eine reine Desktop-Analyse in enger Zusammenarbeit mit der Stadt Winterthur und Stadtwerk Winterthur, welche u.a. die Grundlagen-Daten geliefert und eine Vorselektion durchgeführt haben. EBP hat diese Schritte begleitet bzw. validiert und im Anschluss eine Analyse der zwei Objekte durchgeführt.

### 4.1 Gebäudedaten

Gemäss dem generischen Vorgehensbeschrieb für die ausgewählten Pilotobjekte werden die nachfolgenden Datengrundlagen und die generisch bereitgestellte Tabelle 1 aus Kapitel 3.2 herangezogen. Die relevanten Gebäudedaten wurden von der Stadt Winterthur bereitgestellt, um anschliessend die Selektion der Pilotobjekte zu ermöglichen. Die nachfolgende Tabelle gibt den Datenstand wieder.

Tabelle 5: Datenstand der Gebäudedaten für die Pilotobjekte

Ebene	Information	Daten erhoben
1. Umfeld-Daten	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sonneneinstrahlung / Klima</li> <li>Geografische und topografische Daten</li> </ul>	✓ (Adresse)
2. Mengen-Daten	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mengengerüst Bestand</li> <li>Geplante Neubauten</li> </ul>	Nur bei flächendeckender Analyse relevant
3. Technische und bauliche Daten	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alter des Gebäudes</li> <li>Verbleibende Bewirtschaftungsdauer</li> <li>Datum letzte bzw. nächste Sanierung (Gebäudehülle)</li> <li>Fassadenflächen gesamt und Glasflächen pro Fassadenausrichtung, je in m<sup>2</sup></li> <li>Technische Eckdaten ggf. bestehender PV-Anlage(n)</li> <li>Angaben zur Fassadenkonstruktion <ul style="list-style-type: none"> <li>Mehrschaliger Wandaufbau mit hinterlüfteter Aussenverkleidung aus Fassadenelementen (Kaltfassade)</li> <li>Wandaufbau ohne hinterlüftete Aussenverkleidung (Warmfassade)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓</li> <li>✓</li> <li>✓</li> <li>✓</li> <li>✓</li> <li>✓</li> </ul>
4. Ökonomisch / betriebliche Daten	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eigentümerschaft</li> <li>Art der Nutzung (Büro, Gewerbe, Wohnen, etc.) mit Flächenangaben in m<sup>2</sup> pro Nutzungsart</li> <li>Elektrischer Energieverbrauch des Gebäudes total (Jahresverbrauch in kWh / gemessener Jahreslastgang mit 8'760 Stundenwerten)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓</li> <li>✓</li> <li>✓</li> </ul>

Für das Neubau-Objekt wurde der mutmassliche elektrische Energieverbrauch aufgrund der Geschossflächen und der Nutzungsart pro Fläche mit Hilfe des SIA 2056-Berechnungsmodells abgeschätzt.

## 4.2 Sanierung Personalhaus 2

### 4.2.1 Selektion

Das AfS der Stadt Winterthur hat gemeinsam mit Stadtgrün und Stadtwerk anhand einer qualitativen Einschätzung der in Kap. 3 genannten Kriterien ein Objekt als Pilotprojekt ausgewählt. Als Systematik wurde für eine vorausgewählte Anzahl Objekt-Kandidaten jedes Kriterium auf einer 3-stufigen Skala («grün» – «gelb» – «rot») bewertet. Die Kriterien wurden nicht gewichtet. Das Objekt mit der höchsten Anzahl «grün» und der kleinsten Anzahl «rot» eingeschätzter Kriterien wurde als Pilotobjekt ausgewählt. Da es sich um ein Pilotobjekt handelt, wurde als zusätzliches Kriterium auch die Replizierbarkeit bewertet, d.h. es sollen sich möglichst viele, weitgehend vergleichbare Objekte im Eigentum der Stadt Winterthur befinden.

#### Selektionsentscheid der Stadt Winterthur

Aufgrund der Bewertung der Kriterien wird das Alterszentrum Brühlgut und auch das Personalhaus 2 am Adlergarten als geeignet erachtet. Aufgrund der Geometrie könnte das Alterszentrum Brühlgut für eine PV-Fassade jedoch schwieriger geeignet sein. Entsprechend fällt der Selektionsentscheid auf das Personalhaus 2 an der Palmstrasse 1.

#### Validierung durch EBP

Der Selektionsentscheid wurde in der Arbeitsgruppe mit EBP gespiegelt. Der Entscheid ist plausibel und nachvollziehbar.

### 4.2.2 Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse für dieses Pilotobjekt erfolgt grundsätzlich gemäss dem in Kap.3.5 beschriebenen Vorgehen:

Aktivität	Geprüft	Anmerkung
1. Erstellen einer Longlist	✓	Vorselektion durch AfS
2. Bewirtschaftungsdauer < 25 Jahre	✓	Vorselektion durch AfS
3. Bevorstehende Gebäudehüllensanierung	✓	Sanierung noch nicht geplant
4. Grobschätzung Verschattung	✓	geprüft durch AfS
5. Verschattete Objekte	✓	Vorselektion durch AfS
6. Opake Flächen und Fassadenausrichtung	✓	Flächen durch AfS erhoben
7. Grobschätzung PV-Anlageleistung	✓	Berechnung EBP
8. Grobschätzung PV-Jahresertrag	✓	Berechnung EBP mittels PVGIS
9. Plausibilitäts-Vergleich	✓	geprüft von EBP
10. PV-Ertragspotenzial	✓	entspricht Ergebnis aus Pkt. 8
11. Flächenanteil für Fassadenbegrünung	✓	Abschätzung von EBP
12. PV-Eigenverbrauchsgrad	✓	Berechnung EBP; Einbezug der el. Verbrauchsdaten (Stadtwerk)
13. CO <sub>2</sub> -Einsparung	✓	Berechnung EBP
14. Grobkostenschätzung	✓	Berechnung EBP
15. Wirtschaftlichkeitsabschätzung	✓	Berechnung EBP

Nachfolgend ist das Ergebnis der Potenzialanalyse PV-Fassaden für das Personalhaus 2 dargestellt (komplettes Berechnungsblatt siehe Anhang).

Flächenberechnung (Ausschnitt)

**Gesamtfläche der Fassaden**

▶ östliche Fassade(n)	603	m <sup>2</sup>
▶ westliche Fassade(n)	524	m <sup>2</sup>
▶ südliche Fassade(n)	554	m <sup>2</sup>
▶ nördliche Fassade(n)	550	m <sup>2</sup>

**Nicht opake Flächen (Fensterflächen)**

▶ östliche Fassade(n)	75	m <sup>2</sup>
▶ westliche Fassade(n)	90	m <sup>2</sup>
▶ südliche Fassade(n)	125	m <sup>2</sup>
▶ nördliche Fassade(n)	81	m <sup>2</sup>

**Flächenabzug zu Gunsten Fassadenbegrünung**

▶ östliche Fassade(n)	25	%
▶ westliche Fassade(n)	25	%
▶ südliche Fassade(n)	25	%
▶ nördliche Fassade(n)	25	%

Anmerkung

vertikale Begrünung auf je einem vertikalen opaken Flächensegment ergibt ca. 25%

**Abzug für verschattete Flächen (nicht nutzbar)**

▶ östliche Fassade(n)	20	%
▶ westliche Fassade(n)	25	%
▶ südliche Fassade(n)	20	%
▶ nördliche Fassade(n)	20	%

Anmerkung

Verschattungsabzug für untersten Fassadenbereich

**Anpassungsabzug (Passgenauigkeit der PV-Module)**

▶ östliche Fassade(n)	15	%
▶ westliche Fassade(n)	15	%
▶ südliche Fassade(n)	15	%
▶ nördliche Fassade(n)	15	%

Anmerkung

Anpassungsverluste (Blindmodule)

**Netto aktive PV-Fassadenflächen**

▶ östliche Fassade(n)	269	m <sup>2</sup>	}	935	m <sup>2</sup>
▶ westliche Fassade(n)	208	m <sup>2</sup>			
▶ südliche Fassade(n)	219	m <sup>2</sup>			
▶ nördliche Fassade(n)	239	m <sup>2</sup>			

Grobdimensionierung PV-Anlage (Ausschnitt)

**PV-Anlageleistung**

▶ östliche Fassade(n)	65	kWp	}	226	kWp
▶ westliche Fassade(n)	50	kWp			
▶ südliche Fassade(n)	53	kWp			
▶ nördliche Fassade(n)	58	kWp			

**PV-Jahresertrag**

▶ östliche Fassade(n)	28'756	kWh	}	94'649	kWh
▶ westliche Fassade(n)	22'560	kWh			
▶ südliche Fassade(n)	35'004	kWh			
▶ nördliche Fassade(n)	8'329	kWh			

→ ø 419 kWh/kWp

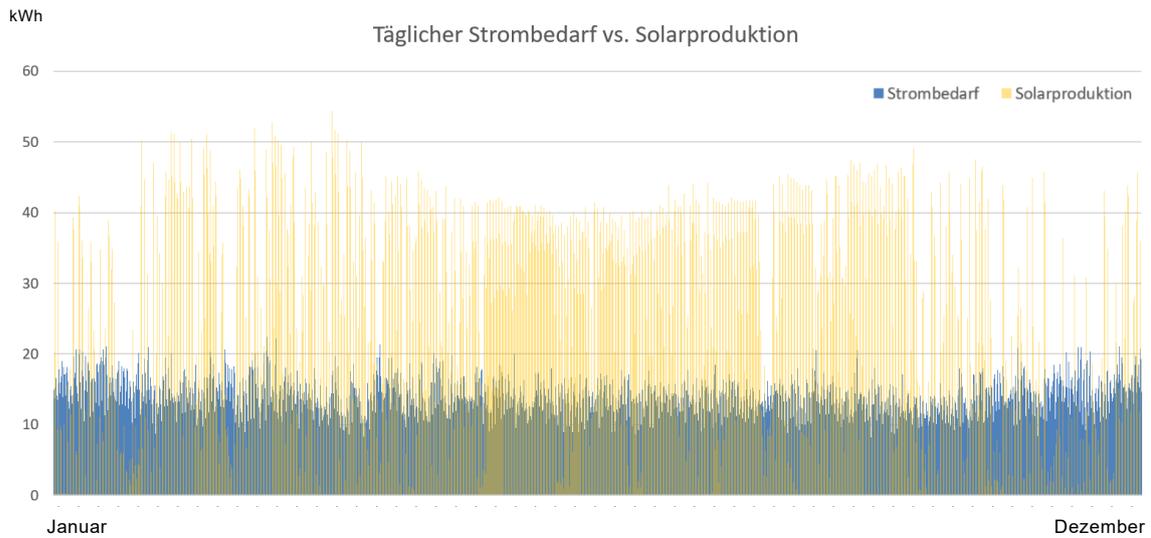


Abbildung 7: Darstellung des über ein Jahr gemessenen Strombedarfs (Lastprofil) des Pilotobjekts in blau, mit gelb überlageter Solarproduktion (PV-Produktionsprofil) der oben beschriebenen Fassaden-PV-Anlage.

### Investitionskosten

▶ Flächenpreis Solarfassade (typisch) ca.	1'050	CHF/m <sup>2</sup>	statistischer Erfahrungswert
▶ Preis für vergleichbare passive Fassade (typisch) ca.	600	CHF/m <sup>2</sup>	statistischer Erfahrungswert
▶ Aufpreis für Solarfassade ca.	450	CHF/m <sup>2</sup>	
▶ Zusätzlicher Aufpreis (Spezialkonstruktion, Farbe)	0	CHF/m <sup>2</sup>	Farb-Aufpreise ca. 300...800 CHF/m <sup>2</sup>
▶ Flächenpreis Solarfassade im Projekt	450	CHF/m <sup>2</sup>	
▶ Kosten Solarfassade im Projekt	420'645	CHF	
▶ Integration in AC-Gebäudeverteilung	25'000	CHF	
▶ Planungshonorare (Platzhalter)	20'000	CHF	
▶ Förderbeitrag pronovo	-157'000	CHF	<a href="#">Link pronovo</a>
▶ Förderbeitrag Stadt Winterthur	-23'300	CHF	<a href="#">Link Stadt Winterthur</a>
▶ Gesamtkosten PV-Anlage (Investition)	285'345	CHF	
▶ Spezifische PV-Anlagekosten	1'262	CHF/kWp	

### Jährliche Betriebskosten

▶ PV-Eigenverbrauchsgrad (Abschätzung aus Simulation)	47	%	→	44'485	kWh/a
▶ Solarer Deckungsgrad (Abschätzung aus Simulation)	83	%			
▶ Annuitätskosten	13'772	CHF/a			
▶ Betriebs- und Unterhaltskosten	3'786	CHF/a			
▶ Jährliche Betriebs- und Kapitalkosten	17'558	CHF/a			

### PV-Strom-Gestehungskosten

▶ PV-Strom-Gestehungskosten nominal	18.6	Rp./kWh	bezogen auf den total produzierten Solarstrom	
▶ PV-Strom-Gestehungskosten im Eigenverbrauch	31.5	Rp./kWh		bezogen auf den direkt genutzten Solarstrom, Gutschriften aus Rücklieferung berücksichtigt
▶ Mittlerer Rücklieferartarif über Laufzeit	8.0	Rp./kWh		

### Wirtschaftlichkeit

▶ Stromkosten ohne PVA	33'645	CHF/a	
▶ Stromkosten mit PVA	33'742	CHF/a	
▶ Einsparung (Rendite)	-97	CHF/a	2'433
▶ Break-Even	25.2	Jahre o. Zinsen	kumuliert über Laufzeit o. Zinsen

### CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial

▶	Jährliche CO <sub>2</sub> -Einsparung gegenüber CH-Netzstrom	<b>8.0</b>	Tonnen CO <sub>2</sub>	
▶	Jährliche CO <sub>2</sub> -Einsparung <sup>*)</sup> gegenüber einer Ölheizung	<b>32.1</b>	Tonnen CO <sub>2</sub>	[WP-Jahresarbeitszahl 3.0]
▶	Jährliche CO <sub>2</sub> -Einsparung <sup>*)</sup> gegenüber einer Gaseizung <small>*) einer Luft-Wasser-Wärmepumpe</small>	<b>24.3</b>	Tonnen CO <sub>2</sub>	[WP-Jahresarbeitszahl 3.0]

### 4.2.3 Einordnung der Ergebnisse und Fazit

Unter den getroffenen Annahmen bezüglich nutzbaren Fassadenflächen und den Flächenkosten einer Solaranlage ergibt sich für das Objekt Personalhaus 2 eine respektable PV-Anlageleistung an der Fassade von rund **226 kWp**, die Nutzung der nördlichen Fassadenelemente mit eingerechnet.

Der zu erwartende Jahresertrag beträgt rund **95'000 kWh**, was ca. 83% des jährlichen elektrischen Energiebedarfs des Gebäudes entspricht.

Der solare Eigenverbrauchsgrad (direkter Verbrauch des Solarstroms) beträgt 47%, was aufgrund der hohen Anlageleistung und der Gebäudenutzungsart (Wohnen) einen mittleren bis tiefen Wert darstellt. Dies wirkt sich auch auf die langfristige Wirtschaftlichkeit aus, falls der überschüssige Solarstrom ins Netz zurückgespeist und nicht innerhalb eines vZEV oder einer LEG verkauft wird. Die jährliche Bilanz fällt somit leicht negativ aus, und führt zu einem rechnerischen Break-Even von **knapp über 25 Jahren**.

#### **Optimierungsmöglichkeiten**

Es bieten sich für dieses Objekt zwei Optimierungsmöglichkeiten an:

- **Verzicht auf die nördlichen PV-Fassadenelemente**  
Sie weisen das ungünstigste Verhältnis aus Kosten zu Ertrag auf. Aufgrund der tieferen Investitionskosten und des besseren Ertrags pro Fläche würde sich der Break-Even rechnerisch auf rund **19 Jahre** verbessern.
- **Vermarktung der Solarstrom-Überschüsse in einem vZEV im Quartier, oder innerhalb einer LEG auf dem Stadtgebiet**  
Dies kommt einer Erhöhung des Eigenverbrauchsgrads gleich, was einen wesentlich besseren Erlös aus den Überschüssen ermöglicht.  
Eine Erhöhung des **Eigenverbrauchsgrads** von auf **47% auf 60%** würde den Break-Even bereits auf knapp **unter 18 Jahre** senken, nördliche Fassade eingerechnet.

#### **Fazit**

Aufgrund der Ergebnisse dieser Potenzialeinschätzung für das Personalhaus 2 sollte im Rahmen einer Gebäudehüllensanierung die Realisierung einer Fassaden-PV-Anlage weiterverfolgt und vertieft geprüft werden. Dabei könnten die nördlichen Fassaden durchaus mit einbezogen werden. Denn mittelfristig beabsichtigt Stadtwerk Winterthur die Bildung von LEGs auf dem Stadtgebiet, in welche auch dieses Objekt gewinnbringend mit einbezogen werden kann.

## 4.3 Neubau Modulbauten

### 4.3.1 Selektion

Wie beim Sanierungs-Pilotobjekt hat das AfS der Stadt Winterthur gemeinsam mit Stadtgrün und mit Stadtwerk eine qualitative Einschätzung der in Kap. 3 genannten Kriterien vorgenommen und auf mögliche Objekt-Kandidaten angewendet. Dabei wurde dieselbe Systematik für die Auswahlkriterien vorgenommen.

Da es sich um ein Pilotobjekt handelt, wurde als zusätzliches Kriterium auch die Replizierbarkeit bewertet, d.h. es sollen sich möglichst viele, weitgehend vergleichbare Objekte im Eigentum der Stadt Winterthur befinden.

#### **Selektionsentscheid der Stadt Winterthur**

Aufgrund der Bewertung der Kriterien wurden die Erweiterung des Schulhaus Rosenau sowie die Modulbauten (ebenfalls für Schulhauserweiterungen) in die engere Auswahl genommen. Der Selektionsentscheid fiel aufgrund der vergleichbaren Verhältnisse und der sehr guten Replizierbarkeit auf die Modulbauten.

#### **Validierung durch EBP**

Der Selektionsentscheid wurde in der Arbeitsgruppe mit EBP gespiegelt. Der Entscheid ist plausibel und nachvollziehbar.

### 4.3.2 Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse für dieses Pilotobjekt erfolgt grundsätzlich gemäss dem in Kap.3.5 beschriebenen Vorgehen:

	<b>Aktivität</b>	<b>Geprüft</b>	<b>Anmerkung</b>
1.	Erstellen einer Longlist	✓	Vorselektion durch AfS
2.	Bewirtschaftungsdauer < 25 Jahre	✓	> 25 J bei Neubauten gegeben
3.	Bevorstehende Gebäudehüllensanierung	✓	nicht relevant bei Neubau
4.	Grobschätzung Verschattung	✓	Vorselektion durch AfS
5.	Verschattete Objekte	✓	Vorselektion durch AfS
6.	Opake Flächen und Fassadenausrichtung	✓	aus Variantenstudie Architekt
7.	Grobschätzung PV-Anlageleistung	✓	Berechnung EBP
8.	Grobschätzung PV-Jahresertrag	✓	Berechnung EBP mittels PVGIS
9.	Plausibilitäts-Vergleich	✓	geprüft von EBP
10.	PV-Ertragspotenzial	✓	entspricht Ergebnis aus Pkt. 8
11.	Flächenanteil für Fassadenbegrünung	✓	Abschätzung von EBP
12.	PV-Eigenverbrauchsgrad	✓	Berechnung EBP; Abschätzung der el. Verbrauchsdaten (SIA 2056)
13.	CO <sub>2</sub> -Einsparung	✓	Berechnung EBP
14.	Grobkostenschätzung	✓	Berechnung EBP
15.	Wirtschaftlichkeitsabschätzung	✓	Berechnung EBP

Nachfolgend ist das Ergebnis der Potenzialanalyse für Modulbauten dargestellt (komplettes Berechnungsblatt siehe Anhang). Dabei wurde aufgrund der zur Verfügung stehenden Datengrundlagen ein 'typischer' einheitlicher Modulbau angenommen:

**Typischer Modulbau für Schulhäuser:**

- Geschossfläche GF im Mittel ca. 1'200 m<sup>2</sup>
- typ. 3 Geschosse → GF total ca. 3'600 m<sup>2</sup>
- HNF = GF x 0.69 = ca. 2'485 m<sup>2</sup>
- Gebäudehöhe ca. 9.5 m
- Grundfläche ca. 40 x 30 m

**Hinweis:** Die nachfolgenden Modellrechnungen für Modulbauten basieren auf der Dimensionierung eines 'typischen' Modulbaus, sowie auf einer für den Schulbetrieb optimierten Fassaden-Ausrichtung (Hauptfassade = Süd). Im realen Fall müssen die tatsächlichen Gegebenheiten (Fassadenflächen und -Ausrichtung) in der Berechnung verwendet werden.

Flächenberechnung (Ausschnitt)

**Gesamtfläche der Fassaden**

- ▶ östliche Fassade(n)
- ▶ westliche Fassade(n)
- ▶ südliche Fassade(n)
- ▶ nördliche Fassade(n)

288	m <sup>2</sup>
288	m <sup>2</sup>
384	m <sup>2</sup>
384	m <sup>2</sup>

**Empfehlung Kanton ZH für Schulanlagen:**

- Fensterfläche mind. 20% der Bodenfläche (HNF)
- Hauptbelichtung Ost/Süd/West
- Lichte Raumhöhe mind. 3.0 m

**Nicht opake Flächen (Fensterflächen)**

- ▶ östliche Fassade(n)
- ▶ westliche Fassade(n)
- ▶ südliche Fassade(n)
- ▶ nördliche Fassade(n)

144	m <sup>2</sup>
144	m <sup>2</sup>
219	m <sup>2</sup>
115	m <sup>2</sup>

**Berechnung aus typischem Modulbau:**

- Fensterfläche mind. 20% der HNF
- HNF = 2'485 m<sup>2</sup> → Fensterfläche = rund 500 m<sup>2</sup>
- Fensterfront ist südlich ausgerichtet
- Fenster-Flächenanteil ca. 57%
- Fenster-Anteil Ost und West je ca. 50%

**Flächenabzug zu Gunsten Fassadenbegrünung**

- ▶ östliche Fassade(n)
- ▶ westliche Fassade(n)
- ▶ südliche Fassade(n)
- ▶ nördliche Fassade(n)

10	%
10	%
10	%
10	%

Anmerkung

Pauschaler Abzug

**Abzug für verschattete Flächen (nicht nutzbar)**

- ▶ östliche Fassade(n)
- ▶ westliche Fassade(n)
- ▶ südliche Fassade(n)
- ▶ nördliche Fassade(n)

33	%
33	%
33	%
20	%

Anmerkung

keine PV-Belegung im Erdgeschoss Ost, West und Süd

**Anpassungsabzug (Passgenauigkeit der PV-Module)**

- ▶ östliche Fassade(n)
- ▶ westliche Fassade(n)
- ▶ südliche Fassade(n)
- ▶ nördliche Fassade(n)

15	%
15	%
15	%
15	%

Anmerkung

Anpassungsverluste (Blindmodule)

**Netto aktive PV-Fassadenflächen**

- ▶ östliche Fassade(n)
- ▶ westliche Fassade(n)
- ▶ südliche Fassade(n)
- ▶ nördliche Fassade(n)

74	m <sup>2</sup>
74	m <sup>2</sup>
85	m <sup>2</sup>
165	m <sup>2</sup>

} 397 m<sup>2</sup>

## Grobdimensionierung PV-Anlage (Ausschnitt)

### PV-Anlageleistung

- ▶ östliche Fassade(n)
- ▶ westliche Fassade(n)
- ▶ südliche Fassade(n)
- ▶ nördliche Fassade(n)

18	kWp
18	kWp
20	kWp
40	kWp



96
----

kWp

### PV-Jahresertrag

- ▶ östliche Fassade(n)
- ▶ westliche Fassade(n)
- ▶ südliche Fassade(n)
- ▶ nördliche Fassade(n)

7'882	kWh
8'024	kWh
13'540	kWh
5'728	kWh



35'175
--------

kWh

→ ø 367 kWh/kWp

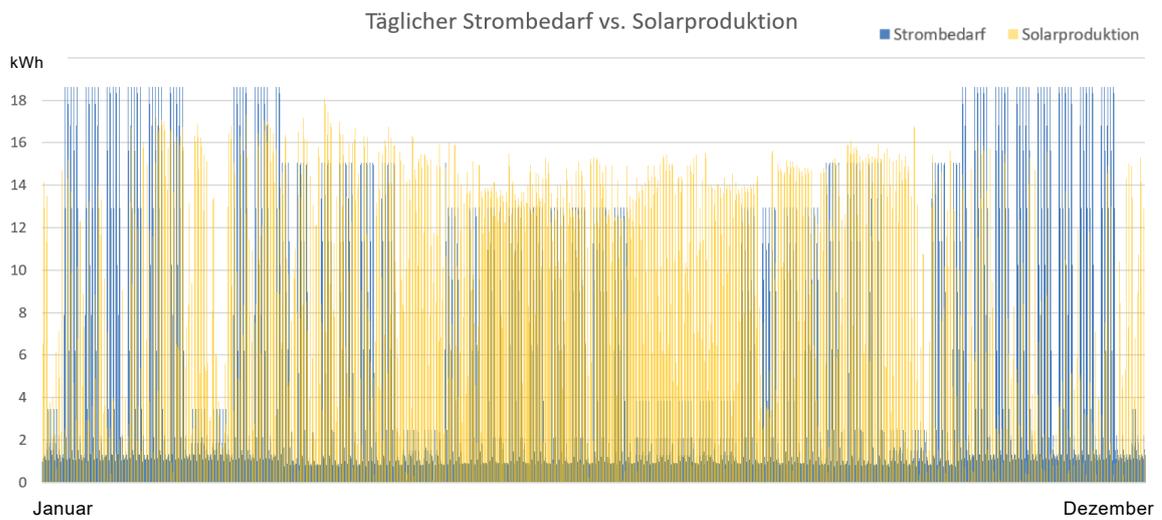


Abbildung 8: Darstellung des simulierten Strombedarfs (synthetisches Lastprofil für Schulbetrieb) des Modulbaus in blau, mit gelb überlagerter Solarproduktion (PV-Produktionsprofil) der oben beschriebenen Fassaden-PV-Anlage.

## Investitionskosten

- ▶ Flächenpreis Solarfassade (typisch) ca.
- ▶ Preis für vergleichbare passive Fassade (typisch) ca.
- ▶ Aufpreis für Solarfassade ca.
- ▶ Zusätzlicher Aufpreis (Spezialkonstruktion, Farbe)

1'050	CHF/m <sup>2</sup>
600	CHF/m <sup>2</sup>
450	CHF/m <sup>2</sup>
0	CHF/m <sup>2</sup>

statistischer Erfahrungswert  
 statistischer Erfahrungswert  
 Farb-Aufpreise ca. 300...800 CHF/m<sup>2</sup>

- ▶ Flächenpreis Solarfassade im Projekt
- ▶ Kosten Solarfassade im Projekt
- ▶ Integration in AC-Gebäudeverteilung
- ▶ Planungshonorare (Platzhalter)
- ▶ Förderbeitrag pronovo
- ▶ Förderbeitrag Stadt Winterthur

450	CHF/m <sup>2</sup>
178'539	CHF
10'000	CHF
15'000	CHF
-72'000	CHF
-12'000	CHF

[Link pronovo](#)  
[Link Stadt Winterthur](#)

- ▶ Gesamtkosten PV-Anlage (Investition)

119'539	CHF
---------	-----

- ▶ Spezifische PV-Anlagekosten

1'246	CHF/kWp
-------	---------

### Jährliche Betriebskosten

▶ PV-Eigenverbrauchsgrad (Abschätzung aus Simulation)	48	%	→	16'884	kWh/a
▶ Solarer Deckungsgrad (Abschätzung aus Simulation)	105	%			
▶ Annuitätskosten	5'769	CHF/a			
▶ Betriebs- und Unterhaltskosten	1'407	CHF/a			
▶ Jährliche Betriebs- und Kapitalkosten	7'176	CHF/a			

### PV-Strom-Gestehungskosten

▶ PV-Strom-Gestehungskosten nominal	20.4	Rp./kWh	bezogen auf den total produzierten Solarstrom
▶ PV-Strom-Gestehungskosten im Eigenverbrauch	34.5	Rp./kWh	bezogen auf den direkt genutzten Solarstrom, Gutschriften aus Rücklieferung berücksichtigt
▶ Mittlerer Rücklieferarif über Laufzeit	8.0	Rp./kWh	

### Wirtschaftlichkeit

▶ Stromkosten ohne PVA	10'000	CHF/a	
▶ Stromkosten mit PVA	10'549	CHF/a	
▶ Einsparung (Rendite)	-549	CHF/a	-13'736
▶ Break-Even	28.2	Jahre o. Zinsen	kumuliert über Laufzeit o. Zinsen

### CO2-Einsparpotenzial

▶ Jährliche CO <sub>2</sub> -Einsparung gegenüber CH-Netzstrom	3.0	Tonnen CO <sub>2</sub>	
▶ Jährliche CO <sub>2</sub> -Einsparung <sup>*)</sup> gegenüber einer Ölheizung	11.9	Tonnen CO <sub>2</sub>	[WP-Jahresarbeitszahl 3.0]
▶ Jährliche CO <sub>2</sub> -Einsparung <sup>*)</sup> gegenüber einer Gaseizung <small><sup>*)</sup>einer Luft-Wasser-Wärmepumpe</small>	9.0	Tonnen CO <sub>2</sub>	[WP-Jahresarbeitszahl 3.0]

## 4.3.3 Einordnung der Ergebnisse und Fazit

Unter den getroffenen Annahmen bezüglich nutzbaren Fassadenflächen und den Flächenkosten einer Solaranlage ergibt sich für einen 'typischen' Modulbau eine respektable PV-Anlageleistung an der Fassade von rund **96 kWp**, die Nutzung der nördlichen Fassadenelemente mit eingerechnet.

Der zu erwartende Jahresertrag beträgt rund **35'000 kWh**, was **ca. 105% des jährlichen elektrischen Energiebedarfs des Modulbaus entspricht**.

Der solare Eigenverbrauchsgrad (direkter Verbrauch des Solarstroms) beträgt 48%, was aufgrund der hohen Anlageleistung und der Gebäudenutzungsart (Schulbetrieb) einen mittleren bis tiefen Wert darstellt. Dies wirkt sich auch auf die langfristige Wirtschaftlichkeit aus, falls der überschüssige Solarstrom ins Netz zurückgespeist und nicht innerhalb eines vZEV oder einer LEG verkauft wird. Die jährliche Bilanz fällt somit negativ aus, und führt zu einem rechnerischen Break-Even von **rund 28 Jahren**, was deutlich über den angestrebten max. 25 Jahren liegt.

## Optimierungsmöglichkeiten

Es bieten sich auch für die Modulbauten die folgenden Optimierungsmöglichkeiten an:

- **Verzicht auf die nördlichen Fassadenelemente**  
Sie weisen das ungünstigste Verhältnis aus Kosten zu Ertrag auf. Aufgrund der tieferen Investitionskosten und des besseren Ertrags pro Fläche würde sich der Break-Even rechnerisch auf rund **19 Jahre** verbessern.
- **Nutzung der Solarstrom-Überschüsse in einem vZEV mit dem Haupthaus, oder Vermarktung der Überschüsse innerhalb einer LEG auf dem Stadtgebiet**  
Dies kommt einer Erhöhung des Eigenverbrauchsgrads gleich, was einen wesentlich besseren Erlös aus den Überschüssen ermöglicht.  
Eine Erhöhung des **Eigenverbrauchsgrads** von auf **48% auf 70%** würde den Break-Even bereits auf **rund 16 Jahre** senken, nördliche Fassade eingerechnet.

## Fazit

Aufgrund der Ergebnisse dieser Potenzialeinschätzung sollte für die Modulbauten die Realisierung einer Fassaden-PV-Anlage weiterverfolgt und vertieft geprüft werden. Dabei ist im Gegensatz zur vorliegenden Modellrechnung selbstverständlich die tatsächliche Situation, also die tatsächlichen Fassadenflächen und Ausrichtungen zu berücksichtigen. Je nach Situation könnten auch die nördlichen Fassaden weiterhin sinnvoll mit einbezogen werden. Für den überschüssigen Solarstrom liegt vermutlich die Nutzung primär in den zugehörigen Schulhäusern auf dem Areal auf der Hand. Zudem beabsichtigt Stadtwerk Winterthur mittelfristig die Bildung von LEGs auf dem Stadtgebiet, in welche die Modulbauten ebenfalls gewinnbringend mit einbezogen werden können.

## 5. Flächendeckende Potenzialanalyse für PV-Fassaden

Eine flächendeckende Potenzialanalyse für PV-Fassaden für alle städtischen Liegenschaften ist sehr aufwändig. Aus Sicht des Postulats kann es aber durchaus zweckmässig sein, **hinsichtlich Fassaden-PV die attraktivsten ca. 10% der städtischen Liegenschaften zu identifizieren**, und für diese eine Potenzial- und Wirtschaftlichkeitsabschätzung in gleichem Umfang und Tiefe durchzuführen, wie für die beiden Pilotobjekte im vorliegenden Bericht.

Dabei sollen auch jene Fassadenflächen, welche einen optimalen Nutzen einer Fassadenbegrünung erwarten lassen, gemäss deren Kriterien separat bestimmt und im Potenzial der PV-Fassaden berücksichtigt werden.

Wir schlagen vor, diese Aufgabe einem spezialisierten externen Dienstleister zu übertragen, welcher von der Stadt Winterthur begleitet wird.

**Seitens der Stadt Winterthur** sehen wir demnach die folgenden Aktivitäten:

1. Definition der erwarteten Resultate der Potenzialanalyse in Bezug auf zu untersuchende Anzahl der Objekte (in Prozent des Gebäudebestands), sowie in Bezug auf Umfang und Tiefe der Untersuchungen.
2. Erstellen einer Ausschreibung für die Mandatierung eines Dienstleisters zur Bearbeitung der unter Punkt 1 festgelegten Vorgaben (Anzahl, Umfang, Bearbeitungstiefe) und der im vorliegenden Bericht festgelegten Methodik.
3. Datenerhebung für die zu untersuchenden Objekte, gemeinsam mit Stadtwerk Winterthur zur Bereitstellung der für die Potenzialabschätzung relevanten Gebäudedaten (vgl. Kap. 3.2), sowie mit Stadtgrün betreffend Abgleich der für eine Fassadenbegrünung nutzbaren Fassadenanteile.
4. Begleiten der Potenzialabschätzung durch den Dienstleister mittels periodischen Zwischenbesprechungen und Fortschrittkontrolle.

**Die Aufwandschätzung für einen externen Dienstleister** für die Potenzialanalyse für PV-Fassaden variiert je nach Umfang und Detailgrad der Analyse, und hängt auch direkt von der Anzahl an zu untersuchenden Objekten, und vom Aufwand zur Erhebung der Grundlagendaten ab.

Basierend auf ähnlichen Projekten können die Kosten für eine **umfassende Potenzialanalyse für PV-Fassaden** in einer Grössenordnung von **CHF 70'000 bis 90'000** liegen. Dies allerdings unter der Annahme der Mitarbeit der Stadt Winterthur, insbesondere bei der Beschaffung der erforderlichen gebäudespezifischen Grundlagendaten, sowie bei den erforderlichen Untersuchungen betreffend Fassadenbegrünung

## 6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

### Schlussfolgerungen

Die Installation von PV-Fassaden in der Schweiz zeigt grosses Potenzial, insbesondere in Städten wie Winterthur mit seinen über 460 städtischen Liegenschaften. Die bisherigen Herausforderungen von PV-Fassaden wie Anfangsinvestitionen, Brandschutz, Denkmalschutz, Statik und Attraktivität wurden durch markttaugliche Lösungen überwunden, wie die insgesamt über 280 PV-Fassaden in der Schweiz zeigen. Das neue Stromgesetz, das seit dem 1. Januar 2025 in Kraft ist, unterstützt zudem die lokale Produktion und Vermarktung von Solarstrom zu attraktiveren Tarifen. Ab dem 1. Januar 2026 wird die Einführung von Lokalen Elektrizitätsgemeinschaften (LEG) die Vermarktung von Solarstrom innerhalb von Gemeinden ermöglichen. Stadtwerk Winterthur spielt dabei eine zentrale Rolle beim Aufbau und Betrieb von LEGs und bietet diese Dienstleistung in der Stadt Winterthur auch aktiv an.

Potenzialanalysen von zwei ausgewählten Objekten in der Stadt Winterthur bestätigen, dass PV-Fassaden technisch und wirtschaftlich machbar sind. Die Auswahl der Objekte erfolgt anhand definierter Eignungskriterien, um die bestgeeigneten Objekte zu identifizieren. Die Amortisationszeit von PV-Fassaden liegt bei etwa 20 Jahren, kann aber unter Einbezug von weiteren Solarstrom-Abnehmern, beispielsweise im vZEV oder in einer LEG, auch deutlich darunter liegen. Eine Studie der Hochschule Luzern zeigt zudem, dass PV-Anlagen und Begrünungen an Fassaden gut kombiniert werden können.

### Empfehlungen

**Empfehlung 1:** Nicht jedes Objekt ist für PV-Fassaden geeignet. Die Auswahl der Objekte, die den Eignungskriterien am besten entsprechen, ist entscheidend. Wir empfehlen daher, entweder mittels flächendeckender Potenzialanalyse die interessantesten ca. 10% der Objekte zu identifizieren, oder es wird vom AfS Hochbau fallweise bei anstehenden Sanierungen geprüft, ob eine PV-Fassade realisiert werden soll. Bei Neubauten könnten PV-Fassaden bereits in der Wettbewerbsphase als Vorgabe definiert werden.

**Empfehlung 2:** Stadtwerk Winterthur spielt als Partner im Bereich LEG und vZEV eine zentrale Rolle und sollte bei der vertieften Machbarkeitsanalyse von PV-Fassaden eng einbezogen werden. Bei einer Realisierung könnte Stadtwerk Winterthur die PV-Fassaden über einen bereits bestehenden Rahmenkredit finanzieren und auch betreiben<sup>19</sup>.

**Empfehlung 3:** Die Stadt Winterthur sollte sich bei der Planung und dem Bau von PV-Fassaden auf die am besten geeigneten Objekte konzentrieren, um dank erfolgreichen Umsetzungen auch private Unternehmen und Eigentümer von Gebäuden für PV-Fassaden zu motivieren.

**Empfehlung 4:** Die ersten Projekte könnten von einer Hochschule, beispielsweise von der ZHAW, begleitet werden, damit sie von einer unabhängigen und neutralen Stelle überwacht werden können. Dabei sollten insbesondere der Stromertrag und die Wirtschaftlichkeit genauer betrachtet werden.

**Empfehlung 5:** Die Projekte sollten kommunikativ aufbereitet und den Akteuren in der Stadt Winterthur vermittelt werden, damit weitere Akteure für PV-Fassaden gewonnen werden können. Dazu gehören auch die neuen Bürgerbeteiligungen wie LEG und vZEV.

---

<sup>19</sup> Vgl. «Weisung für den Bau und den Betrieb von Fotovoltaikanlagen durch Stadtwerk Winterthur auf Liegenschaften der Stadt Winterthur» vom 27. September 2023 (SR.21.473-2)