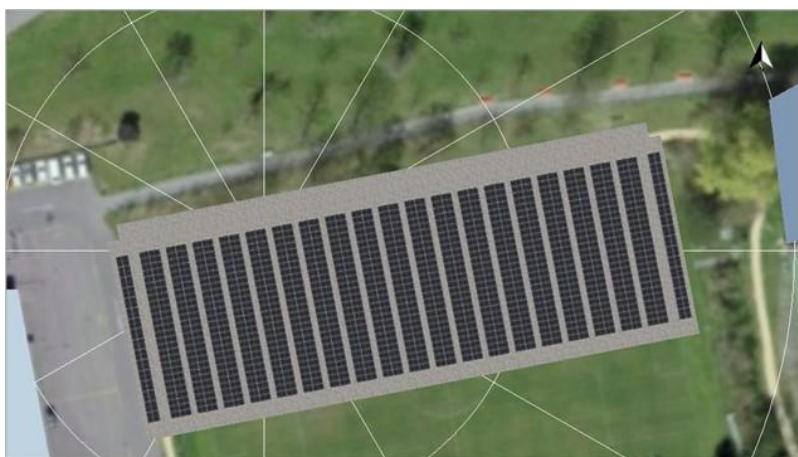


Neubau Turnhalle Hubelmatt, Stadt Luzern Bericht zur Grobanalyse der Solarstrom-Anlagen



Auftraggeber	Stadt Luzern Immobilien Hirschengraben 17 6002 Luzern
Kontaktpersonen	Birte Lattermann, Projektleiterin birte.lattermann@stadtluzern.ch / 041 208 77 33
Auftragnehmer	OekoWatt AG Hirschengraben 33a 6003 Luzern 041 768 66 66
Kontaktpersonen	Livio Sardella, Sachbearbeiter Energie livio.sardella@oekowatt.ch/ d 041 248 71 46 Marcel Studer, Team- und Projektleiter marcel.studer@oekowatt.ch / d +41 41 248 71 47
Berichtverfasser	Livio Sardella, OekoWatt AG Marcel Studer, OekoWatt AG

Revision Luzern, 22.07.2026

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage	3
1.1	Projekt	3
1.2	Gesetzliche Ausgangslage	3
1.3	Geforderte Resultate	3
2	Grundlagen	4
3	Abschätzung der Stromertrags-Potentiale der Gebäude-Aussenhülle	5
3.1	Bestimmung der nutzbaren Flächen für die Solarstromgewinnung	6
3.1.1	Ansicht Flachdach	7
3.1.2	Ansicht Südfassade	7
3.1.3	Ansicht Ostfassade	8
3.1.4	Ansicht Westfassade	8
3.2	Strombedarf	9
3.3	Zusammenstellung der nutzbaren Flächen und des Stromertrages	9
4	Investitionskosten, Fördergelder und Stromgestehungskosten	10
4.1	Investitionskosten	10
4.2	Fördergelder	11
4.3	Stromgestehungskosten	12
5	Eigenstromverbrauch und Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV, vZEV)	13
6	Fazit und Empfehlungen	14
6.1	Empfehlungen für PV-Anlagen an Dach- und Fassadenflächen	14
6.2	Empfehlungen für den weiteren Projektverlauf	14
7	Anhang	16
7.1	Gesamtübersicht Kennwerte	16

1 Ausgangslage

1.1 Projekt

Die Stadt Luzern plant im Schulareal Hubelmatt eine neue Turnhalle. Das Projekt befindet sich aktuell auf Stufe «Machbarkeit/ Vorstudie» und es werden diverse Themen als Grundlage für den «Bericht und Antrag (B+A)» analysiert.

Das Gebäude ist ein neuer Baukörper westlich der bestehenden Turnhalle Hubelmatt. Es ist vorgesehen die Gebäudehülle (Dach und Fassade) wo sinnvoll und in Abstimmung mit einer Begrünung als «Energieförderer» zu nutzen.

1.2 Gesetzliche Ausgangslage

Gemäss dem Bau- und Zonenreglement der Stadt Luzern, Art. 30 *Dachbegrünung* gelten folgende gesetzlichen Grundlagen:

«Nicht begehbare Flachdächer oder Flachdachteile ab einer Grösse von 25 m² sind extensiv zu begrünen.»
«Bei Solaranlagen auf Flachdächern legt der Stadtrat die Flächenanteile für Solaranlagen und Begrünung projektbezogen fest.»

Das Energiegesetz des Kanton Luzern legt im § 15 *Eigenstromerzeugung bei Bauten* fest:

«Bei Neubauten, die beheizt, belüftet, gekühlt oder befeuchtet werden, muss das Potenzial zur Stromerzeugung angemessen ausgenutzt werden...»

Der Vollzug dieses Gesetzes ist in der kantonalen Energieverordnung wie folgt geregelt:

«Bei Neubauten gilt das stromerzeugungspotenzial ... als angemessen ausgenutzt, wenn die *belegbare Dachfläche* vollständig mit PV-Modulen belegt ist...»

«Als *belegbare Dachfläche* gelten 50 Prozent der zur Eigenstromerzeugung nutzbaren Dachfläche. Die nutzbare Dachfläche ergibt sich aus der Summe aller Teildachflächen, die grösser als 25 m² sind und die Installation von mindestens sechs zusammenhängenden Photovoltaik-Modulen ermöglichen sowie... bei Neubauten entweder einen Winkel von 0 bis 20 Grad gegenüber der Horizontalen oder einen Winkel bis 60 Grad gegenüber der Horizontalen und eine Ausrichtung zwischen West-Nordwest (110 Grad) und Ost-Nordost (-110 Grad) haben...»

Zusätzlich definiert das KEnG Luzern im § 26 das *Vorbild öffentliche Hand*:

«Für Bauten von Kanton und Gemeinden werden die Minimalanforderungen an die Energienutzung erhöht. Der Regierungsrat legt einen Standard und die Ausnahmen fest. Die Wärmeversorgung wird bis 2050 zu 100 Prozent ohne fossile Brennstoffe realisiert. Der Stromverbrauch wird bis 2030 gegenüber dem Niveau von 1990 um 20 Prozent gesenkt oder mit neu zugebauten erneuerbaren Energien gedeckt.»

1.3 Geforderte Resultate

Die vorliegende Grobanalyse nimmt diese Anforderung auf und liefert Grundlagen für den B+A des Bauvorhabens. Folgende Punkte wurden untersucht und sind im Bericht festgehalten:

- Potentialabschätzung der Fassaden- und Dachflächen (Stromertrag und -bedarf)
- Investitionskosten und die daraus resultierenden Stromgestehungskosten

2 Grundlagen

Folgende Unterlagen wurden durch die Auftraggeberin zur Verfügung gestellt:

- Planunterlagen gem. Planungsstand vom 18.08.2025

Folgende Quellen und Tools wurden u.a. für die Grobanalyse verwendet:

- PV-GIS (PHOTOVOLTAISCHES GEOGRAPHISCHES INFORMATIONSSYSTEM) <https://pvgis.com/de>
- PV*SOL premium 2025 (Software für 3D-Simulationen von Solarstrom-Anlagen: Visualisierung und Ertragsabschätzungen)
- Swissolar Wirtschaftlichkeitsrechner (August 2025): Excel-Tool zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von Photovoltaikprojekten. Beinhaltet Aspekte wie Batteriespeicher, Zusammenschlüsse zum Eigenverbrauch (ZEV) und lokale Elektrizitätsgemeinschaften (LEG). Exklusiv für Swissolar-Mitglieder, frei zugänglich ist der Solarrechner. (<https://www.swissolar.ch/de/angebot/tools-und-vorlagen/wirtschaftlichkeitsrechner>)
- Marktentwicklung Photovoltaik Schweiz 2024/2025: Solarstrom deckt bereits ca. 14% des Schweizer Strombedarfs. Trotz Rahmenbedingungen mit Unsicherheiten wird für 2025 ein Marktrückgang um ca. 10% erwartet, mit weiterhin hohem Zubau. (<https://www.swissolar.ch/de/news/detail/wachstum-bestaetigt-solarstrom-fuer-2-millionen-haushalte-74307>)
- Kosten- und Nutzenrechner EnergieSchweiz (2025): Rechner, um Kosten und Wirtschaftlichkeit für Solaranlagen zu schätzen. (<https://www.energieschweiz.ch/tools/solarrechner/>)[8]
- Bundesamt für Energie (BFE) Förderbedingungen und Einmalvergütung (2024/2025): Aktuelle Förderrahmen und Boni für Photovoltaikanlagen, inklusive Fassaden- und Flachdach-Boni. (<https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/foerderung/erneuerbare-energien/foerderung-photovoltaikanlagen.html>)
- Swissolar Tools und weitere Vorlagen (2025): Sammlung von Werkzeugen zur Planung und zur Wirtschaftlichkeitsanalyse von PV-Anlagen. (<https://www.swissolar.ch/de/angebot/tools-und-vorlagen>)
- Schlussbericht 25.10.2024 GreenPV, HSLU, BFE, BFU (<https://www.hslu.ch/de-ch/hochschule-luzern/forschung/projekte/detail/?pid=6035>)
- Merkblatt zur extensiven Flachdachbegrünung, Stadt Luzern. (https://www.stadt-luzern.ch/_docn/4359928/2022.10.18._Merkblatt._extensive_Flachdachbegrunung._Stadt_Luzern._RKU.pdf)

3 Abschätzung der Stromertrags-Potentiale der Gebäude-Aussenhülle

Für die Potentialabschätzung wurde die Turnhalle sowie die PV-Anlagen im Simulationstool PVSOL (3d) modelliert. Folgende ertragsreduzierende Einflüsse wurden berücksichtigt: Gelände-Horizont am Standort, Gebäude der Messe Luzern, Turnhalle Sekundarschule Hubelmatt. Nicht berücksichtigt wurden sämtliche aktuell nicht bekannten Verschattungselemente wie z.B. Dachaufbauten, neue Absperrgitter für die Fussballfeldnutzung, neue sowie alte Baumbestände.



3. Hülle & Technik 3.1.5 PV-Konzept

Berechnung PV-Anteil			
Hülle u.T.	PV		
Südfassade	1'150 m²	600 m²	52%
Westfassade	430 m²	130 m²	30%
Nordfassade	800 m²	0 m²	0%
Ostfassade	390 m²	220 m²	56%
Dachaufsicht	3'125 m²	2'580 m²	83%
Total	5'895 m²	3'530 m²	60%

Berechnung Grünflächen			
Hülle u.T.	PV		
Südfassade	1'150 m²	0 m²	0%
Westfassade	430 m²	0 m²	0%
Nordfassade	800 m²	330 m²	41%
Ostfassade	390 m²	0 m²	0%
Dachaufsicht	3'125 m²	0 m²	0%
Total	5'895 m²	330 m²	6%

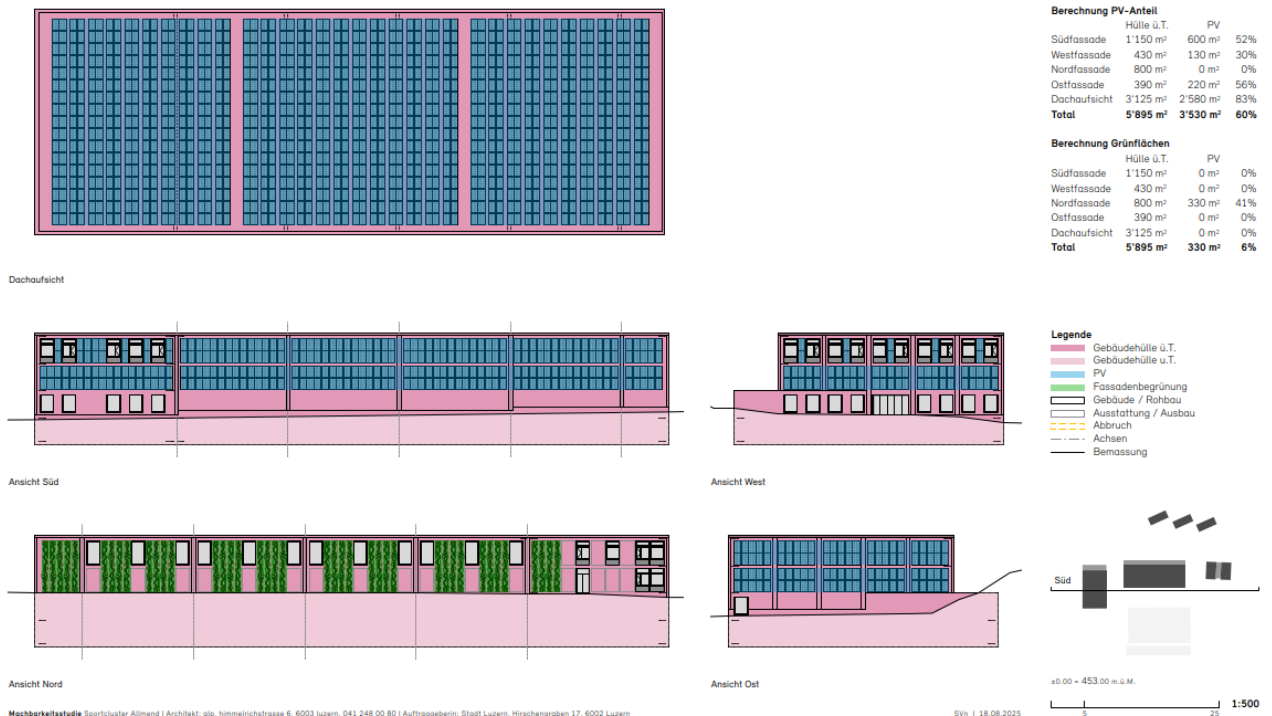


Abbildung 1: Grundriss und Ansichten - Planungsstand vom 18.08.2025

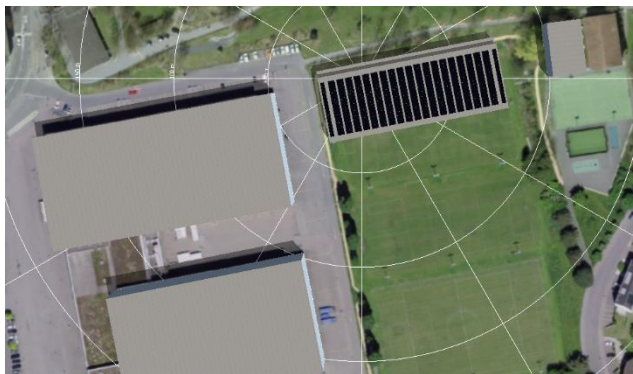


Abbildung 2: Ansicht aus PVSOL mit den verschattungsrelevanten Gebäuden

3.1 Bestimmung der nutzbaren Flächen für die Solarstromgewinnung

Fassadenflächen:

Die für die Solarstromgewinnung nutzbare Fassadenfläche wird einerseits durch architektonische Gegebenheiten (Fenstereinbauten) reduziert. Andererseits wird die nutzbare Fassadenfläche anhand folgender Überlegungen weiter reduziert bzw. beschränkt:

- Sicherheit (unabsichtliche wie absichtliche Beschädigungen, klare Trennung der Flächen auch wegen brandschutztechnischen Überlegungen)
- Begrünung (Nutzung der umschliessenden Bodenfläche der Turnhalle)
- Verschattungshäufigkeit (tritt u.a. vermehrt in Bodennähe auf)

Damit wurden die grundsätzlich nutzbaren Fassadenflächen wie folgt eingeschränkt:

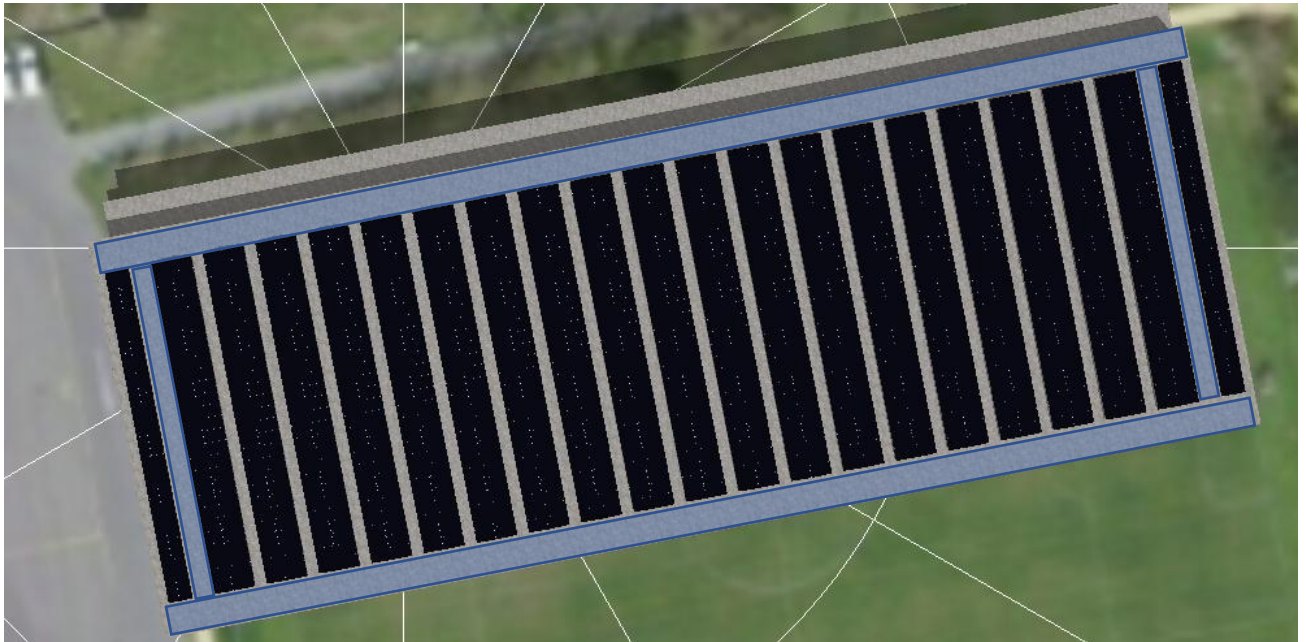
- Fassadenflächen ohne Fenster
- Fassadenflächen mindestens 3 Meter über Terrain

Dachflächen:

Für die Evaluation der zur Solarstromgewinnung nutzbaren Dachflächen wurden die aktuellen Vorgaben des Merkblatts Solaranlagen Kanton Luzern (Version 1.3, gültig ab 01.09.2025) berücksichtigt. Auf Flachdächern gilt dabei insbesondere, dass Solaranlagen die Oberkante des Dachrandes um höchstens 1 m überragen dürfen und genügend zurückversetzt sein müssen, dass sie aus einem Winkel von 45 ° vom Boden aus nicht sichtbar sind. Zudem sind sie nach dem Stand der Technik reflexionsarm auszuführen. Weiter wurde der Platzbedarf für permanente Absturzsicherungen sowie eine nicht nutzbare Fläche von rund 100 m² für Dachaufbauten berücksichtigt. Bei Neubauten und Dachsanierungen ist das Stromerzeugungspotenzial gemäss kantonalen Vorgaben angemessen auszuschöpfen; der Nachweis erfolgt über das Formular EN-204-LU im Rahmen des Meldeverfahrens.

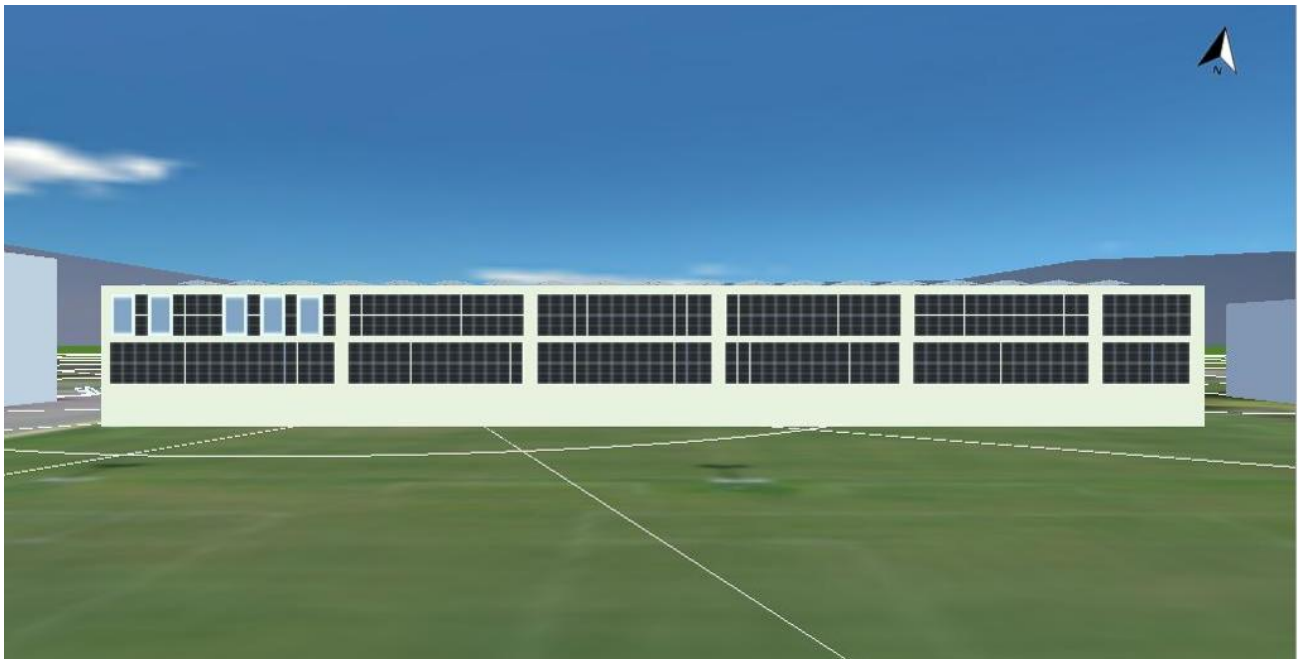
In den folgenden Abbildungen werden die evaluierten nutzbaren und für die Solarstromgewinnung optimierten Flächen aufgezeigt.

3.1.1 Ansicht Flachdach



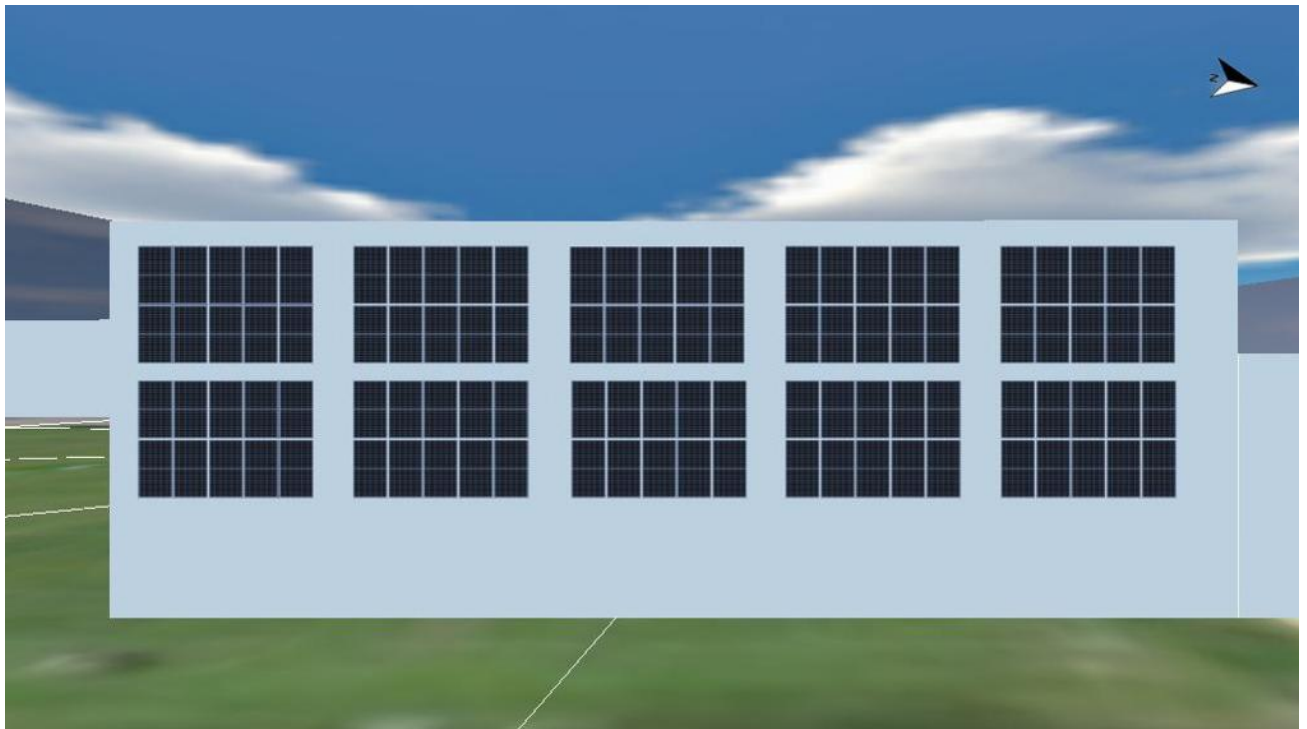
Bemerkung: Sperrfläche Dachaufbauten sowie permanente Absturzsicherung blau eingezeichnet.

3.1.2 Ansicht Südfassade



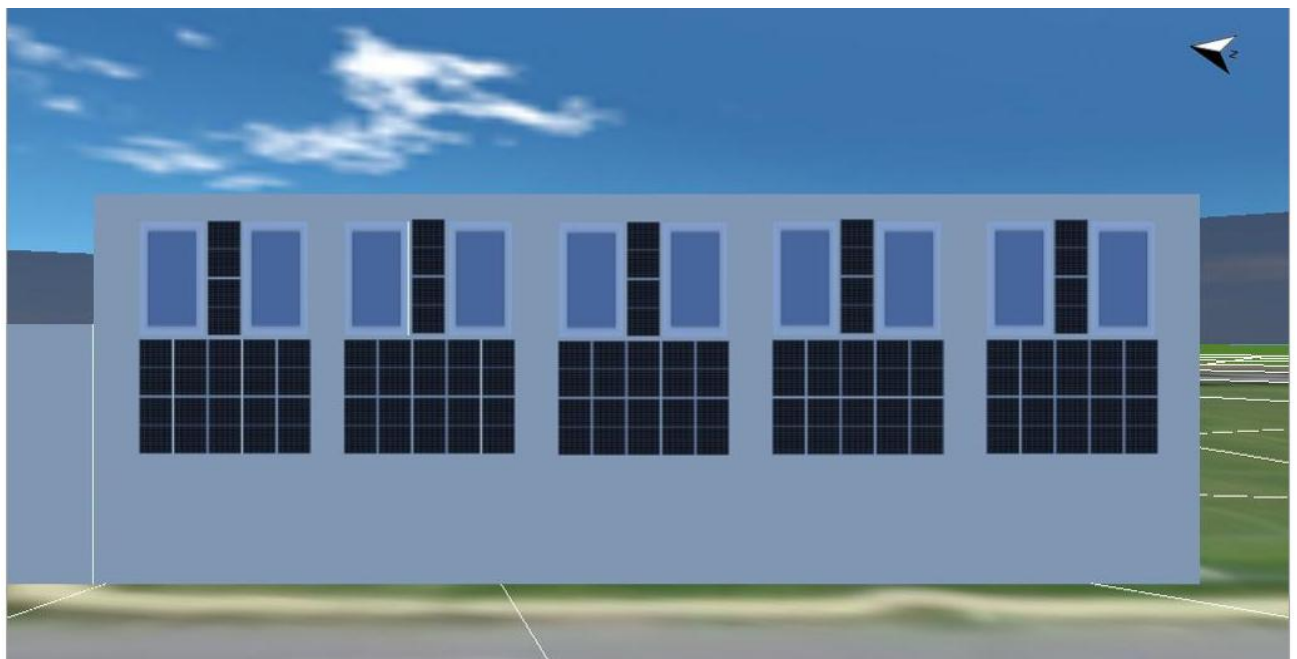
Bemerkung: Sperrfläche bis 3 Meter ab Terrain. Ansicht Südfassade

3.1.3 Ansicht Ostfassade



Bemerkung: Sperrfläche bis 3 Meter ab Terrain. Ansicht Ostfassade

3.1.4 Ansicht Westfassade



Bemerkung: Sperrfläche bis 3 Meter ab Terrain. Ansicht Westfassade

3.2 Strombedarf

Mittels SIA 2024:2021 (Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik) wurde der zu erwartender Energiebedarf der neuen Turnhalle abgeschätzt. Grundlage für die Berechnung war eine Energiebezugsfläche (EBF) von rund 3'175 m² gemäss den vorliegenden Planunterlagen

Unter Berücksichtigung der Standardnutzungsdaten der SIA 2024:2021 ergibt sich ein jährlicher Bedarf an elektrischer Energie von ca. 31 MWh sowie ein thermischer Energiebedarf von rund 152 MWh. Wird die thermische Energie über eine Wärmepumpe mit einer Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3 bereitgestellt, entspricht dies einem zusätzlichen Strombedarf von ca. 50 MWh. Damit ergibt sich ein gesamter jährlicher Strombedarf von ungefähr 81 MWh.

3.3 Zusammenstellung der nutzbaren Flächen und des Stromertrages

In der folgenden Tabelle wird die aktive Solarstrom-Anlagen-Fläche pro Bauteil sowie der Solarstromertrag pro Jahr aufgeführt.

	Leistung *** [kWp]	Modulfläche [m ²]	Ertrag/ a* [MWh/a]	spez. Ertrag/ a* [kWh/kWp]
Flachdach	436	2005	420.1	963.5
Südfassade	122	559	89.6	736.8
Ostfassade	40	184	21.2	530.8
Westfassade	24	110	11.6	485.5
<i>Total</i>	<i>622</i>	<i>2'859</i>	<i>542.5</i>	<i>2716.6</i>

Legende:

* im Durchschnitt über 30 Jahre

** nicht im Total berücksichtigt

*** Für die Berechnungen der Leistung und des Stromertrages wurde für die Dach- und Fassadenflächen ein Modul des Typs Meyer Burger White mit einer Leistung von 400 Wp und einer Leistungsgarantie von 92 % nach 25 Jahren berücksichtigt.

Beim ausgewiesenen Ertrag pro Jahr und beim spezifischen Ertrag pro Jahr ist jeweils der durchschnittliche Wert über eine Nutzungsdauer von 30 Jahren berücksichtigt. Die Genauigkeit der Ertragssimulation liegt bei rund ± 25 %

Den höchsten spezifischen Ertrag pro Jahr weist das Flachdach mit rund 963 kWh/kWp und einem absoluten Jahresertrag von 420 MWh auf. Die Südfassade erreicht einen spezifischen Ertrag von 737 kWh/kWp bei einem Jahresertrag von 89.6 MWh. Im Vergleich dazu erzielen die Ost- und Westfassade deutlich geringere Werte. Die Ostfassade weist einen spezifischen Ertrag von 531 kWh/kWp bei einem Jahresertrag von 21.2 MWh aus, während die Westfassade mit 486 kWh/kWp den tiefsten spezifischen Ertrag der Fassadenflächen aufweist und einen absoluten Jahresertrag von 11.6 MWh erzielt. Die Nordfassade wurde aufgrund ihres sehr geringen Potenzials nicht berücksichtigt.

Der zu erwartende Solarstromertrag sämtlicher Flächen beträgt insgesamt 542.5 MWh pro Jahr.

In den Wintermonaten (Nov-Feb) weist die Südfassade den grössten Ertrag auf (Abbildung 3). Diese Winterstromproduktion ist ökonomisch, wie ökologisch gesehen wichtig.

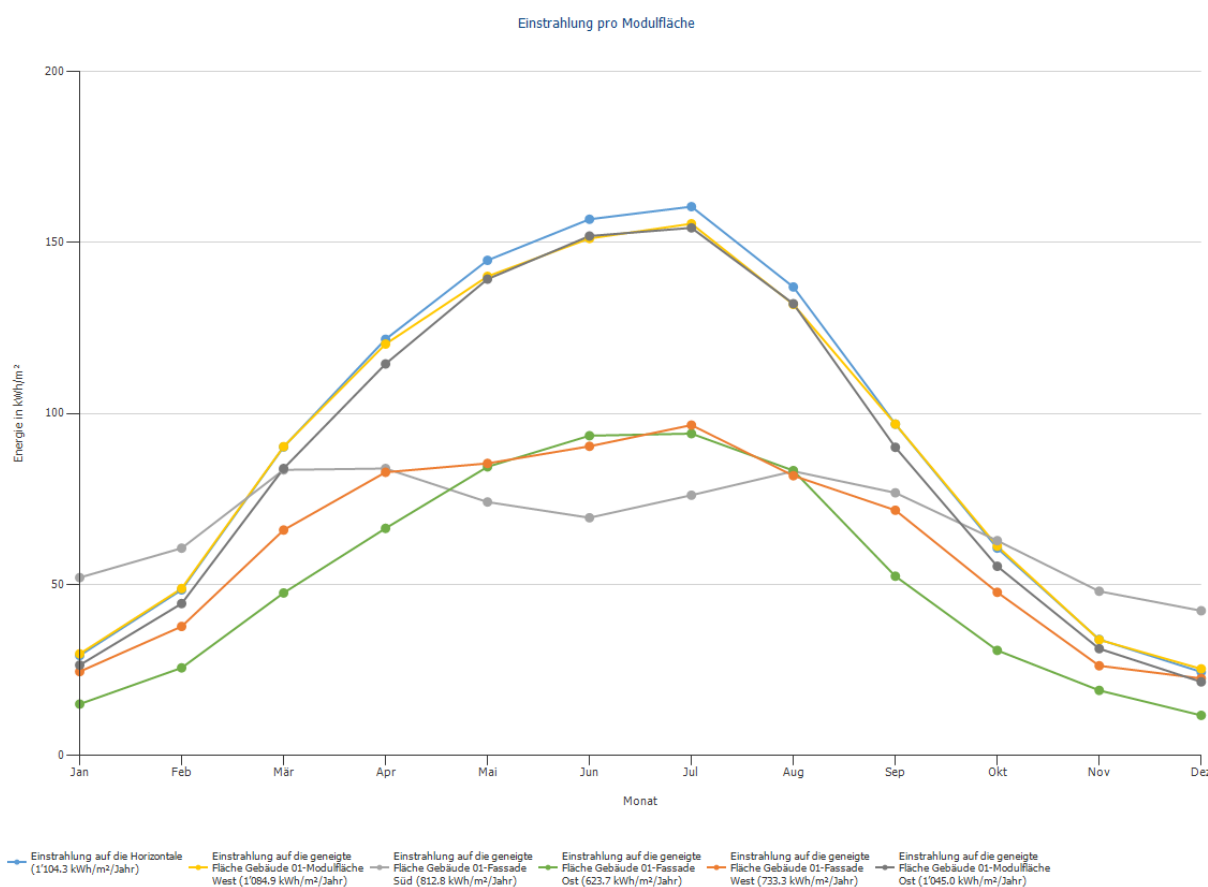


Abbildung 3: Monatlicher Ertrag pro Modulfläche nach Ausrichtung

4 Investitionskosten, Fördergelder und Stromgestehungskosten

4.1 Investitionskosten

Für die Evaluation der Investitionskosten wurden verschiedene Quellen berücksichtigt. Weiter wurde ein Grosshändler sowie ein Hersteller von entsprechenden Produkten für Referenzangaben angefragt. In den folgenden genannten Investitionskosten sind Material, Montage sowie Planung berücksichtigt. Nicht in den Investitionskosten berücksichtigt sind eventuelle Kosten für zusätzliche Anforderungen an den Bau (z.B. erhöhte Anforderungen an die Statik oder Brandschutzmassnahmen) sowie die permanente Absturzsicherung. Die Investitionskosten sind exklusive Mehrwertsteuer.

Die Investitionskosten für Photovoltaikanlagen auf Flachdächern bewegen sich aktuell im Mittel bei rund 460 CHF pro Quadratmeter. Anlagen, die in Gebäudefassaden integriert werden, verursachen jedoch je nach architektonischer und technischer Ausführung deutlich höhere Kosten, wobei für Anlagen mit erhöhten ästhetischen Anforderungen und hoher Modulqualität im Jahr 2025 Investitionen von etwa 900 bis 1'500 CHF pro Quadratmeter einkalkuliert werden müssen. Für die folgenden Berechnungen wird mit einem Mittelwert von 1'100 CHF pro Quadratmeter gerechnet.

Ohne Berücksichtigung von Fördergeldern liegt der Investitionsbedarf für die neuen Solarstrom-Anlagen in Fassaden und auf der Dachfläche bei rund 1.86 Mio. CHF (siehe Tabelle, Kapitel 4.3).

4.2 Fördergelder

Seit 2025 gelten die revidierten Bundesbeiträge (EnFV): Einmalvergütung KLEIV/GREIV bis max. 30 % der Referenzinvestitionskosten. Für steile/vertikale Anlagen $\geq 75^\circ$ gelten Neigungsboni: integriert 400 CHF/kW, angebaut/freistehend 200 CHF/kW. Die konkreten Ansätze werden projektbezogen via Pronovo ermittelt.

Für dieses Projekt (städtisches Gebäude) entfallen städtische Förderbeiträge; kantonale bestehen keine PV-Beiträge.

Die Stadt Luzern fördert die Installation von Photovoltaikanlagen zusätzlich. Stadteigene Gebäude sind von dieser Förderung jedoch ausgeschlossen.

	Anlage Leistung In kWp	Förderbetrag Bund [CHF]	Bonus vertikale Anlagen $\geq 75^\circ$ [CHF]
Flachdach	436	115'799.-	0-
Südfassade	122	37'299.-	24'400.-
Ostfassade	40	13'799.-	8'000.-
Westfassade	24	8'640.-	4'800.-
<i>Total</i>	622	175'537.-	37200.-

Legende: * nicht im Total berücksichtigt

Unter Berücksichtigung der Fördergelder, gemäss den aktuellen Förder-Ansätzen, liegt der Investitionsbedarf für die neuen Solarstrom-Anlagen in Fassaden und auf den Dachflächen bei rund 1.65Mio. CHF.

Da die Realisierung erst nach dem Jahr 2025 vorgesehen ist, ist mit nicht vorhersehbaren Anpassungen des Förderbetrags zu rechnen. Aus diesem Grund werden im Kapitel 4.3 die Stromgestehungskosten ohne Förderung sowie mit Förderung, gemäss den aktuellen Förder-Ansätzen, ausgewiesen.

4.3 Stromgestehungskosten

Aus dem zu erwartenden Solarstromertrag und den berechneten Investitionskosten können die Stromgestehungskosten berechnet werden. Für die Berechnung der Stromgestehungskosten wurde der Wirtschaftlichkeitsrechner vom Fachverband für Sonnenenergie swissolar verwendet.

In der untenstehenden Tabelle sind die Investitionskosten ohne Förderung sowie die Stromgestehungskosten festgehalten. Die Stromgestehungskosten werden einerseits ohne Berücksichtigung von Fördergeldern und andererseits mit Berücksichtigung von Fördergeldern ausgewiesen.

	Modulfläche [m ²]	Investitionskosten <u>ohne</u> Förderung exkl. MWST [CHF]	Stromgestehungskosten <u>ohne</u> Förderung * exkl. MWST [Rp./kWh]	Stromgestehungskosten <u>mit</u> Förderung Bund * exkl. MWST [Rp./kWh]
Flachdach	2005	922'000.-	15.3	13.9
Südfassade	559	615000.-	22.9	20.6
Ostfassade	184	202'000.-	31.8	28.3
Westfassade	110	121'000.-	34.8	30.9
<i>Total</i>	<i>2'859</i>	<i>1'860'000.-</i>		

Legende: * über 30 Jahre / ** nicht im Total berücksichtigt

Mit der Photovoltaikanlage auf dem Flachdach können Stromgestehungskosten von 15.3 Rp. /kWh erreicht werden, bzw. 13.9 Rp. /kWh unter Berücksichtigung der aktuellen Fördergelder.

Deutlich höhere Stromgestehungskosten ergeben sich für die Fassadenanlagen: an der Südfassade liegen diese bei 22.9 Rp. /kWh (ohne Förderung) bzw. 20.6 Rp. /kWh (mit Förderung).

Die Ostfassade weist Stromgestehungskosten von 31.8 Rp. /kWh (ohne Förderung) bzw. 28.3 Rp. /kWh (mit Förderung) auf, während die Westfassade mit 34.8 Rp. /kWh bzw. 30.9 Rp. /kWh die höchsten Werte aller Flächen erreicht.

Die Wirtschaftlichkeit ist stark von den zukünftigen Energiepreisen, dem Anteil Eigenverbrauch sowie vom zukünftigen Rückspeisetarif abhängig.

Damit ein wirtschaftlicher Betrieb der Fassadenanlage erreicht werden könnte, müssten in der Berechnung der Stromgestehungskosten, die Kosten für die «normale» Fassade berücksichtigt bzw. in Abzug gebracht werden. Dadurch sinken die Investitionskosten für die Photovoltaikanlage und die erzeugte elektrische Energie ist ein Zusatzgewinn, welcher über die Solarstromfassade gewonnen wird.

5 Eigenstromverbrauch und Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV, vZEV)

Stellt man den zu erwartender elektrischer Energiebedarf der Turnhalle (31 MWh pro Jahr für den direkten Strombedarf bzw. 81 MWh pro Jahr inklusive Wärmepumpe – siehe Kapitel 3.2) dem prognostizierten Solarstromertrag von rund 542 MWh pro Jahr (siehe Kapitel 3.3) gegenüber, wird deutlich, dass die PV-Anlage ein Vielfaches des Bedarfs decken kann. Der Ertrag ist damit rund 17-mal höher als der reine Strombedarf und rund 7-mal höher als der gesamte Strombedarf inklusive Wärmepumpe. Ein wirtschaftlicher Betrieb der Photovoltaikanlagen hängt daher massgeblich vom Anteil Eigenverbrauch sowie von den zukünftigen Rückspesetarifen ab, die von der Betreiberin nicht direkt beeinflusst werden können. Abbildung 4 zeigt die monatliche Ertragsprognose gegenüber dem Verbrauch. Trotz massiv höherer Produktion gegenüber dem Verbrauch im Ganzen, gibt es Zeiten, wo Strom vom Netz bezogen werden muss (Nachtstrom). Eine betriebliche Optimierung (z.B. Wärmepumpe läuft während dem Tag) in Kombination mit einer Kurzzeit-Speicher Lösung, würde den Netzbezug minimieren.

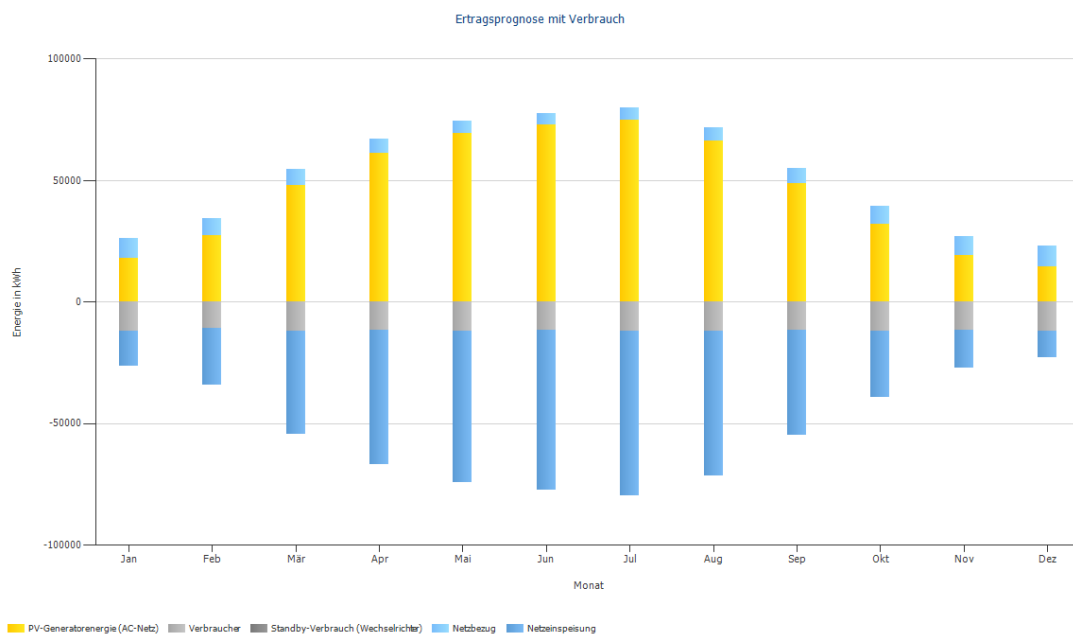


Abbildung 4: Totale Monatliche Ertragsprognose mit Verbrauch

Durch die Errichtung eines Zusammenschlusses zum Eigenverbrauch (ZEV) mit den umliegenden Gebäuden der gesamten Schulanlage Hubelmatt (evtl. sogar darüber hinaus) kann der Eigenverbrauch erhöht werden. Alternativ oder ergänzend kann auch ein virtueller ZEV (vZEV) geprüft werden, bei dem die Gebäude nicht physisch, sondern rechnerisch über ihre Messdaten zusammengeschlossen werden. Dies ermöglicht eine flexiblere Integration weiterer städtischer Gebäude, ohne dass neue physische Leitungen verlegt werden müssen.

Die rechtlichen Grundlagen für die Bildung eines ZEV bzw. vZEV werden vom Gesetzgeber laufend weiterentwickelt. Es empfiehlt sich daher, zu einem späteren Zeitpunkt eine entsprechende Analyse für die Gebäude der Stadt Luzern in der Region Hubelmatt zu erstellen.

Folgende Aspekte sollten u. a. in einer separaten ZEV-/vZEV-Analyse berücksichtigt werden:

- Evaluation der Gebäude, welche in einem (v)ZEV berücksichtigt werden sollen
- Prüfen des Netzanschlusspunkts (bei ZEV) bzw. der Messpunkt-Struktur (bei vZEV)
- Prüfen der stadt eigenen Stromleitungen, welche genutzt werden können (nur bei ZEV relevant)
- Klären der rechtlichen Grundlagen der aktuellen Gesetzgebung
- Ermitteln der zusätzlichen Investitions- und Betriebskosten
- Abschätzung der Wirtschaftlichkeit eines ZEV bzw. vZEV

Mit der vorliegenden Grobanalyse können wichtige Grunderkenntnisse zum Solarstrompotential der Gebäudehüllfläche der geplanten Turnhalle aufgezeigt werden. Aufgezeigt werden das Solarstrompotential der unterschiedlichen Gebäudehüllflächen, die zu erwartenden Investitionskosten sowie die resultierenden Stromgestehungskosten.

6 Fazit und Empfehlungen

6.1 Empfehlungen für PV-Anlagen an Dach- und Fassadenflächen

- Eine Photovoltaikanlage auf dem Flachdach wird empfohlen, weil die Stadt damit u.a. auch die baurechtlichen Verpflichtungen für Neubauten durch die kantonale Gesetzgebung (siehe 1.2) erfüllen kann.
- Die Begrünung des Flachdaches ist laut dem Bau- und Zonenreglement der Stadt Luzern, Art. 30 *Dachbegrünung* und dem Stadt Luzern eigenem *Merkblatt zur extensiven Flachdachbegrünung* zu realisieren.
- Eine Photovoltaikanlage an der Südfassade wird empfohlen. -> *Winterstrom*
- Die Ost- und Westfassaden sollen für eine Solarstromnutzung erneut beurteilt werden, wenn ein konkreteres Bauprojekt erstellt ist. Dabei sind die «Ohnehin-Kosten» für eine «normale Fassade ohne PV» hier einer Lösung «mit PV» oder einer «begrünter Fassade» einander gegenüberzustellen.

6.2 Empfehlungen für den weiteren Projektverlauf

- *Frühzeitige Fachplanung:*
Für eine optimale Planung der Photovoltaikanlage sollten frühzeitig entsprechende Fachpersonen beigezogen werden (Architektur, Statik, Brandschutz, Begrünung, Gebäudetechnik u. a.).
- *Reduktion von Verschattung:*
Verschattungselemente (z. B. Zäune, Bäume, Gebäudeteile) sind so weit wie möglich zu vermeiden. Vor allem in oberen Geschossen benötigen PV-Module möglichst unverschattete Fassadenflächen. Geplante oder bestehende Verschattungen sind frühzeitig zu analysieren und mit Ertragssimulationen zu prüfen.
- *Eigenstromverbrauch und Zusammenschluss:*
Um den Netzstrombezug während der Nacht zu minimieren ist eine Betriebsoptimierung notwendig. Ein richtig bemessener Kurzzeit-Speicher würde eine Unabhängigkeit vom Netzstrom erlauben. Ein Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV oder vZEV) über die stadt eigenen Gebäude des Hubelmatt-Quartiers und der Schulanlagen ist zu prüfen, mit dem Ziel, erzeugten Solarstrom möglichst direkt vor Ort zu nutzen und nur Überschüsse wirtschaftlich sinnvoll ins Netz einzuspeisen.

- *Kombination Begrünung & Solarstrom:*
Die GreenPV-Studie zeigt, dass PV und Begrünung gut kombinierbar sind, wenn Systemwahl und Gestaltung abgestimmt werden. So lassen sich Stromertrag und Ökobilanz verbessern, während Begrünungen gleichzeitig Mikroklima, Regenwasserrückhalt, Biodiversität und Aufenthaltsqualität fördern.
- *Gebäudeanforderungen durch PV und Begrünung:*
Anforderungen wie Gebäudestatik, Brandschutz, permanente Absturzsicherung, elektrische Netzananschlussleistung etc. sind frühzeitig zu berücksichtigen. Auch sollten unterschiedliche Fassadensysteme (opake / transparente PV, bodengebundene / wandgebundene Begrünung) bewertet werden in Hinblick auf Energiebilanz, Lebenszykluskosten und technischer Machbarkeit.

Für den Bericht:

OEKOWATT AG



Marcel Studer

Teamleiter Nachhaltiges Bauen



Livio Sardella

Sachbearbeiter Energie

7 Anhang

7.1 Gesamtübersicht Kennwerte

Grobanalyse PVA Neubau Turnhalle Hubelmatt - Übersicht

Gebäude	Bauteil									
		Leistung	Modulfläche	Ertrag/a im Durchschnitt über 30 Jahre	spez. Ertrag/a im Durchschnitt über 30 Jahre	Stromgestehungs- kosten * <u>ohne</u> Förderung exkl. MWST	Stromgestehungs- kosten * <u>mit</u> Förderung Bund exkl. MWST	spez. Kosten (inkl. Planung, Montage) exkl. MWST	Investitions- kosten gesamt <u>ohne</u> Förderung exkl. MWST	Montageart
Einheit		[kWp]	[m²]	[MWh/a]	[kWh/(kWp*a)]	[Rp./kWh]	[Rp./kWh]	[CHF/m²]	[CHF]	
Genauigkeit		± 20%	± 20%	± 20%	± 20%					
Turnhalle	Flachdach	436	2005	420	964	15.3	13.9	460	922'000	Gründach
Turnhalle	Südfassade	122	559	90	737	22.9	20.6	1'100	615'000	vorgehängte Module
Turnhalle	Ostfassade	40	184	21	531	31.8	28.3	1'100	202'000	vorgehängte Module
Turnhalle	Westfassade	24	110	12	486	34.8	30.9	1'100	121'000	vorgehängte Module
Total		622	2'858	543	2718				1'860'000	

* über 30 Jahre / ** nicht im Total berücksichtigt

7.2 PV-GIS Berechnungen des Flachdachs

PVGIS-5 Schätzung der Solarstromerzeugung:

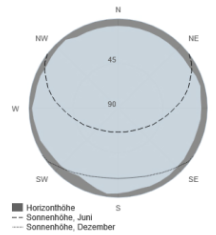
Gemachte Eingaben:

Breite/Länge: 47.037,8.307
 Horizont: Berechnet
 Verw. Datenbank: PVGIS-SARAH3
 PV Technologie: Cryst Sil 2025
 Installierte PV: 218 kWp
 Systemverlust: 14 %

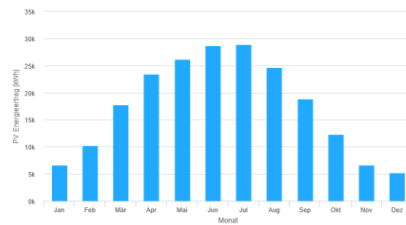
Ergebnisse der Simulation

Neigungswinkel: 0 (opt) °
 Azimut-Winkel: -100 °
 PV Energieerzeugung pro Jahr: 209497.73 kWh
 Einstrahlung/Jahr auf Modulebene: 1210.34 kWh/m²
 Jährliche Schwankungen: 9151.79 kWh
 Veränderung der Ergebnisse aufgrund von:
 Einfallswinkel: -4.15 %
 Spektraleffekte: 1.39 %
 Temp + niedrige Bestrahlungsst: -5 %
 Gesamtverlust: -20.6 %

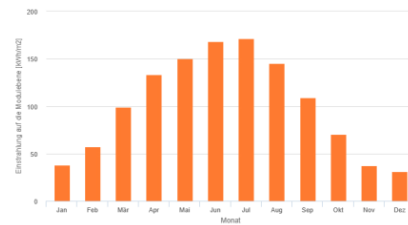
Horizontlinie am gewählten Standort:



Energieertrag pro Monat von PV-Anlage mit fester Neigung:



Einstrahlung pro Monat auf Modulebene mit fester Neigung:



Westlich orientierte Panele

PVGIS-5 Schätzung der Solarstromerzeugung:

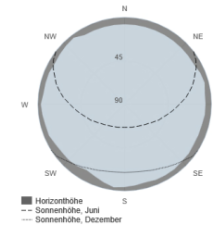
Gemachte Eingaben:

Breite/Länge: 47.037,8.307
 Horizont: Berechnet
 Verw. Datenbank: PVGIS-SARAH3
 PV Technologie: Cryst Sil 2025
 Installierte PV: 218 kWp
 Systemverlust: 14 %

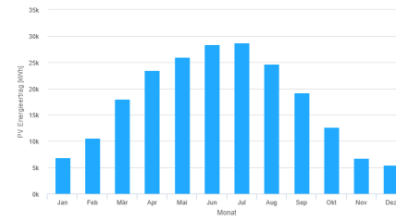
Ergebnisse der Simulation

Neigungswinkel: 8 (opt) °
 Azimut-Winkel: 80 °
 PV Energieerzeugung pro Jahr: 210644.93 kWh
 Einstrahlung/Jahr auf Modulebene: 1216.69 kWh/m²
 Jährliche Schwankungen: 9184.74 kWh
 Veränderung der Ergebnisse aufgrund von:
 Einfallswinkel: -4.03 %
 Spektraleffekte: 1.39 %
 Temp + niedrige Bestrahlungsst: -5.1 %
 Gesamtverlust: -20.58 %

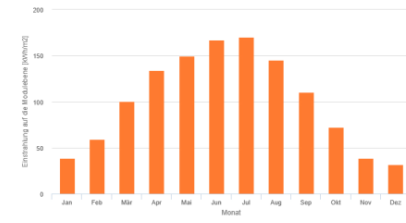
Horizontlinie am gewählten Standort:



Energieertrag pro Monat von PV-Anlage mit fester Neigung:



Einstrahlung pro Monat auf Modulebene mit fester Neigung:



Östlich orientierte Panele