



PHOTOVOLTAIK UND EIGENVERBRAUCH IM ÖFFENTLICHEN VERKEHR

Energiestrategie 2050 im öffentlichen Verkehr – ESöV 2050



Der öffentliche Personenverkehr ist sehr energieeffizient: Bei gleicher Transportleistung braucht er nur einen Drittel der Energie des motorisierten Individualverkehrs. Im Güterverkehr beträgt dieser Unterschied gar Faktor zehn. Um seinen Umweltvorteil zu halten, muss der öffentliche Verkehr aber den Anteil erneuerbarer Energie weiter erhöhen.

Die Wasserkraftwerke der SBB decken heute fast vollständig den Strombedarf der Bahnbetriebe. Doch der Verkehr nimmt zu, und zugleich müssen Busbetriebe auf Strom umsteigen. Die Photovoltaik (PV) bietet allen Transportunternehmen des öffentlichen Verkehrs (TU) die Möglichkeit, ihre Energieversorgung zu einem grossen Teil in die eigene Hand zu nehmen. TU könnten dadurch rund einen Viertel ihres Strombedarfs auf eigenen Gebäuden erzeugen. Für die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen ist es hilfreich, wenn ein grosser Teil des produzierten Stroms zeitgleich verbraucht, also

ein hoher Eigenverbrauch erreicht wird. Mit einem neuen Leitfaden unterstützt das Bundesamt für Verkehr (BAV) die TU bei der Nutzung dieses Potenzials.

Thematisiert werden darin unter anderem:

- **Potenzial für PV, Energieertrag und Eigenverbrauch**
- **Vielseitige Einsatzmöglichkeiten von PV im öffentlichen Verkehr, illustriert anhand von Beispielen**
- **Überwindung möglicher Hürden und Finanzierung**

Einige Highlights aus dem Leitfaden werden in diesem Flyer vorgestellt.

POTENZIALE FÜR PHOTOVOLTAIK UND EIGENVERBRAUCH

Potenzial in der Schweiz

Würden alle gut geeigneten Dächer und Fassaden der Schweiz mit PV-Modulen belegt, so würde deren jährlicher Energieertrag rund 67 Terawattstunden (TWh, Milliarden Kilowattstunden) betragen. Dies ist mehr Strom, als in der ganzen Schweiz heute verbraucht wird.

Mit dem Ja zur Energiestrategie 2050 hat sich die Schweiz zum Ausstieg aus der Atomenergie verpflichtet, und die Umsetzung des Klimaprotokolls lässt sich nur mit einem Verzicht auf fossile Energien bewerkstelligen. In der Summe brauchen wir rund 45 TWh zusätzlichen Strom. Solarenergie von Dächern und Fassaden wird deshalb eine rasch anwachsende Rolle spielen.

Energie von den eigenen Dächern

Der öffentliche Verkehr in der Schweiz ist sehr gut ausgebaut und benötigt entsprechend viel Energie. Der Stromverbrauch aller Verkehrsunternehmen liegt bei etwa 2,7 TWh. Hinzu kommen 120 Millionen Liter Diesel. Soll der gesamte öffentliche Verkehr in Zukunft CO₂-neutral betrieben werden, benötigt er rund 3,5 TWh Strom, wovon heute rund 2 TWh von den Wasserkraftwerken der SBB produziert werden. Dies entspricht bereits knapp 60 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs der Verkehrsunternehmen.

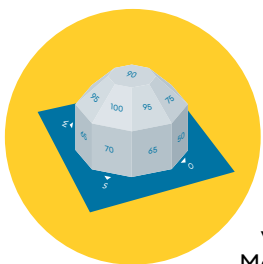
Die Produktion der restlichen 1,5 TWh mit Sonnenenergie würde eine PV-Modulfläche von rund 7500 000 m² erfordern, was etwa 1 m² pro Einwohner in der Schweiz entspricht.

Hochrechnungen von verschiedenen TU zeigen, dass diese etwa 20–30 Prozent ihres Strombedarfs auf ihren eigenen Gebäuden erzeugen könnten. Solarenergie kann somit einen entscheidenden Beitrag zum Ersatz der nicht erneuerbaren Energien im öffentlichen Verkehr leisten. Es sind bereits mehrere Anlagen in Betrieb (siehe Projektbeispiele).

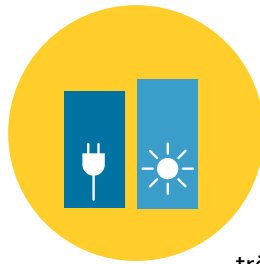


Auf www.sonnendach.ch lässt sich das Potenzial für jedes einzelne Gebäude abschätzen. Beispiel: SBB-Industriegebäude beim Bahnhof Lancy-Pont-Rouge (GE)

- Nicht bestimmt
- Gering
- Mittel
- Gut
- Sehr gut
- Top



Alle Flächen der Gebäudehülle können Strom liefern. Die Grafik zeigt, wie viel Prozent vom Maximalertrag auf einer bestimmten Fläche erwirtschaftet werden kann.



Das Potenzial für Solarstrom am Gebäudepark der Schweiz beträgt 67 TWh pro Jahr und übertrifft damit den aktuellen Schweizer Stromverbrauch um 10 %.



1 m² Solarmodule deckt den jährlichen Strombedarf von rund 2500 Personenkilometern mit dem Zug.

PV-ANLAGENSEGMENTE IM ÖFFENTLICHEN VERKEHR

Je nach Nutzung eines Gebäudes oder einer Infrastruktur ändern sich für Transportunternehmen im öffentlichen Verkehr die Investitionsmöglichkeiten und Bewilligungsverfahren.

Immobilien

- PV-Anlagen sind bereits heute eine Selbstverständlichkeit bei Neubauten und Sanierungen.
- Breite Anwendungsmöglichkeiten: Aufdach, Indach, Fassaden.
- Keine besonderen Anforderungen.
- Weil der Strom nicht der Verkehrsinfrastruktur zugutekommt, ist eine Finanzierung über den Bahninfrastrukturfonds (BIF) nicht möglich.
- Ein Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV) kann ein PV-Projekt noch rentabler machen.

Mehrfamilienhaus in Wetzikon mit 80kW PV auf Dach und Fassaden.
Foto: Schweizer Solarpreis 2018



Bahntechnik

- Eine PV-Anlage benötigt meist ein BAV-Plangenehmigungsverfahren.
- Standardlösungen sollen geprüft und entwickelt werden.
- Im Rahmen eines Pilotprojektes wurde das Bahntechnikgebäude (BTG) in Immensee mit einer PV-Anlage ausgerüstet. Die SBB prüft, ob BTG künftig serienmässig mit PV ausgerüstet werden können.

Bahntechnikgebäude SBB, Immensee
Foto: Christof Bucher, Basler & Hofmann AG



Infrastruktur

- PV soll geprüft werden.
- Eine PV-Anlage auf oder an einer Eisenbahnanlage untersteht dem Eisenbahngesetz (EBG).
- Standardlösungen für verschiedene Einsatzgebiete können die Kosten erheblich senken. Damit können auch rentable Kleinanlagen realisiert werden, z. B. auf und an Fahrradunterständen oder Wartehäuschen.

Erste bifaciale solare Lärmschutzwand der Schweiz, Bahnhof Münsingen; Leistung 12,8kW
Foto: Gemeinde Münsingen



PROJEKTBEISPIELE

Seilbahn Bergstation Klein Matterhorn, Zermatt VS (Zermatt Bergbahnen)

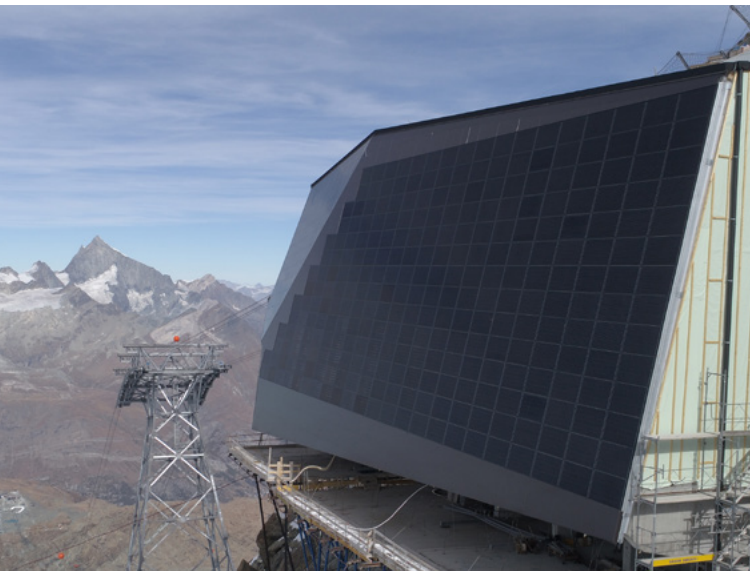


Foto: Zermatt Bergbahnen AG

Von Trockener Steg führt die höchste Dreiseilumlaufbahn der Welt zum Klein Matterhorn auf 3883 m ü. M. Von der Plattform des Matterhorn Glacier Paradise erblickt man 38 Viertausender und 14 Gletscher.

In einer ersten Etappe wurde 2018 bereits die Talstation auf 2923 m ü. M. mit einer transluziden Solarfassade (136 kW) ausgerüstet. Das System hat sich bewährt und es folgte die Bergstation auf 3821 m ü. M. – eine der höchstgelegenen Photovoltaikanlagen in Europa.

Speziell im Winter liefert die Solaranlage an der Fassade zuverlässig Strom. Die Verschattung durch Schmutz und Schnee kann ausgeschlossen werden. Zudem ist die vertikale Fläche bei tiefem Sonnenstand optimal ausgerichtet.

Projektsteckbrief

- Leistung PV-Anlage: 77 kW
- Art der PV-Anlage: Fassadenanlage, transluzid
- Energieertrag: 120 000 kWh/Jahr
- Stromverwendung: deckt rund 17% des benötigten Bahnstroms
- Kosten: rund CHF 350 000.–
- Eigentümer, Finanzierung und Betrieb: Elektrizitätswerk Zermatt AG
- Realisierung: 2018
- Besonderes: semitransparente, extrastarke Module (3,2 mm + 6 mm Glas)

16,7-Hz-Netzeinspeisung, Zürich-Seebach ZH (SBB)



Foto: Christof Bucher, Basler & Hofmann AG

Die SBB ist der grösste Stromverbraucher der Schweiz und gleichzeitig ein grosser Stromproduzent. Die eigene Stromproduktion vermag den

jährlich steigenden Bedarf jedoch nicht mehr zu decken.

Umso wichtiger ist es, dass die SBB ihre einfach verfügbaren Dachflächen konsequent für die Solarstromproduktion nutzt. Naheliegender für die Verwendung des Stroms auf dem Frequenzumformerwerk in Zürich-Seebach war die direkte Verwendung des Stroms für die Traktionsenergie. Zurzeit gibt es noch keine Standard-Wechselrichter für die Umwandlung in die Bahn-Netzfrequenz von 16,7 Hertz, doch die SBB konnte von der Pionierleistung der österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) profitieren, die im Jahr 2015 eine solche Anlage realisiert hatten.

Projektsteckbrief

- Leistung PV-Anlage: 132 kW/80 kVA
- Energieertrag: 125 000 kWh/Jahr
- Art der PV-Anlage: Kiesdach, leicht nach Süden aufgeständert
- Kosten: ca. CHF 210 000.–
- Finanzierung: Innovationsfonds SBB und Förderprogramm ESöV 2050 des BAV
- Stromverwendung: Bahnstrom SBB (16,7 Hz)
- Realisierung: 2019/2020

«Die SBB hat sich verpflichtet, ihre Solarstrompotenziale konsequent zu erschliessen. Damit leistet sie als ökologische öffentliche Transportunternehmung einen relevanten Beitrag zu einer zukunftsfähigen und nachhaltigen Stromproduktion.»

Marcel Reinhard, Leiter Teilprogramm
«Neue erneuerbare Energien», SBB AG

Einspeisung ins Bahnnetz für alle Betriebe

Zukünftig möchte die SBB auch Dritten ermöglichen, ihren Strom aus PV-Anlagen direkt in das Bahnstromnetz einzuspeisen.

Dies kann eine interessante Alternative bei geringem Eigenbedarf oder nicht ausreichender Infrastruktur im normalen Stromnetz darstellen. Für die Energielieferung muss das jeweilige TU in solchen Fällen einen Bezugsvertrag mit SBB Energie abschliessen.

Perrondächer, div. Standorte Kanton Freiburg (Freiburgische Verkehrsbetriebe TPF)



Bahnhof Belfaux, FR
Foto: TPF, Julien Horner

Projektsteckbrief (Beispiel Bahnhof Belfaux)

- Leistung PV-Anlage: 35 kW
- Energieertrag: ca. 35 000 kWh/Jahr
- Art der PV-Anlage: Flachdach, leicht aufgeständert
- Stromverwendung: Eigenverbrauch TPF; Einspeisung Überschüsse ins lokale Stromnetz
- Realisierung: 2018

Der Bahn- und Busbetrieb TPF hat in Zusammenarbeit mit einem Contractor an den Standorten Belfaux, Münchenwiler, Courtepin und Pensier PV-Anlagen auf Perrondächern realisiert. Ein interner Prozess wurde initiiert mit dem Ziel, in den nächsten Jahren ähnliche Projekte auf zahlreichen geplanten neuen Perrondächern umzusetzen. Die Grösse der PV-Anlage wird auf das Eigenverbrauchspotenzial des jeweiligen Bahnhofs abgestimmt. Das Unternehmen hat weitere PV-Anlagen auf Busdepots (Givisiez, Romont) realisiert.

DER ÖFFENTLICHE VERKEHR MUSS KLIMANEUTRAL WERDEN – SO KÖNNEN «TU» UNTERSTÜTZT WERDEN

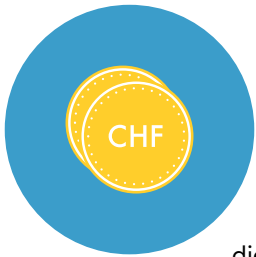
Kommunale Baubehörden unterstützen mit ihrer Bewilligungspraxis Projekte zur Solarenergienutzung auf Bahn- und Busgebäuden. Dies gilt insbesondere bei der sorgfältigen Integration von PV-Anlagen in historische Bauten.

Bundes-, Kantons- und Gemeindeverwaltungen bieten Hand für Zusammenschlüsse zum Eigenverbrauch (ZEV): Öffentliche Gebäude nutzen die Photovoltaik gemeinsam mit den benachbarten Bauten und Infrastrukturen des öffentlichen Verkehrs.

Lokale Energieversorgungsunternehmen bezahlen einen fairen, langfristig garantierten Rücklieferntarif für Solarstrom, der vom TU nicht als Eigenverbrauch verwendet werden kann.

Trägerschaften von TU (z. B. Verkehrsverbände, Kantone) unterstützen diese bei der Finanzierung von PV-Anlagen, obwohl ein Payback oft erst nach 15 Jahren oder später erfolgt.

FINANZIERUNG UND MÖGLICHE HÜRDEN



Finanzierung/Förderung

Auf Bundesebene werden PV-Anlagen (auch jene von TU) mit der Einmalvergütung gefördert, die rund 25% der Investitionskosten abdeckt. Gesuche sind an die Förderstelle Pronovo zu richten.

Eine PV-Anlage lässt sich typischerweise in 15 bis 20 Jahren amortisieren. Danach wird sie bis zum Ende ihrer Lebensdauer von weit über 25 Jahren zu einer wirtschaftlichen Renditeanlage.



Bewilligungen

Hierbei ist zwischen dem eisenbahnrechtlichen und dem kommunalrechtlichen Verfahren zu unterscheiden. Gemäss Art. 18 EBG ist ausschlaggebend, ob die Baute oder Anlage «ganz oder

überwiegend dem Bau und Betrieb dient». Über den untenstehenden QR-Code finden Sie einen Entscheidungsbaum zur einfachen Bestimmung der benötigten Bewilligungen.



Denkmalschutz

PV-Module sind heute in verschiedenen Farben, Formen und Oberflächenstrukturen erhältlich. So finden sich für die meisten historischen Gebäude Lösungen, die den Ansprüchen des Denkmalschutzes genügen.



Eigenverbrauch

Der Eigenverbrauch ist der Schlüssel zur Wirtschaftlichkeit, er bezieht sich auf den am gleichen Standort produzierten und verbrauchten Strom. Besonders naheliegend wäre für Bahnbetriebe die Direkteinspeisung in die Fahrleitungen. Allerdings gibt es für diese Verwendung erst einige Pilotprojekte (z. B. SBB Zürich-Seebach).

In den meisten Fällen wird der Strom für Bahntechnik, IT-Infrastruktur, Beleuchtung, Billetautomaten etc. genutzt. Solarstrom kann aber auch im Rahmen eines Zusammenschlusses zum Eigenverbrauch (ZEV) oder via Netzeinspeisung verkauft werden.

Abkürzungen

EBG	Eisenbahngesetz
Hz	Hertz
kW	Kilowatt, hier als Nennleistung einer PVA; oft auch als kWp bezeichnet
kWh	Kilowattstunde
PV	Photovoltaik
PVA	Photovoltaikanlage
TU	Transportunternehmen des öffentlichen Verkehrs
TWh	Terawattstunden
ZEV	Zusammenschluss zum Eigenverbrauch

Impressum

Herausgeber: Bundesamt für Verkehr (BAV)
September 2020

Programmleitung: Dr. Tristan Chevroulet

Redaktion: David Stickelberger, Swissolar, Schweizerischer Fachverband für Sonnenenergie, Zürich
Dr. Christof Bucher, Basler & Hofmann AG, Zürich

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Flyers und des dazugehörigen Leitfadens verantwortlich.

Layout: eMarket, Bern

Sprachversion: Diese Publikation ist auch in französischer, italienischer und englischer Sprache verfügbar.

Cover: Biho Song/EyeEm via Getty Images

Mehr Infos aus dem Leitfaden zur Nachhaltigkeit, Wirtschaftlichkeit und Überwindung der Hürden zur Nutzung der Solarenergie finden Sie unter diesem QR-Code:



Kontakte

BAV
Dr. Tristan Chevroulet
Programmleiter Energiestrategie öV
Bundesamt für Verkehr
3003 Bern
T +41 58 465 47 41
info.energie2050@bav.admin.ch
www.bav.admin.ch/energie2050

Pronovo
Vollzugstelle für Förderprogramme
Erneuerbare Energien
Dammstrasse 3
5070 Frick
T 0848 014 014
info@pronovo.ch
www.pronovo.ch

Swissolar
Schweizerischer Fachverband
für Sonnenenergie
Neugasse 6
8005 Zürich
T +41 44 250 88 33
info@swissolar.ch
www.swissolar.ch

SBB
Daniel Ryter
Bahnstromkundenbetreuer
Industriestrasse 1
3052 Zollikofen
T +41 79 772 29 61
daniel.ryter@sbb.ch
www.sbb.ch