



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

**Bundesamt für Verkehr BAV**  
Programm Umsetzung der Energiestrategie 2050  
im öffentlichen Verkehr (ESöV 2050)

# Innovative Direkteinspeisung von Photovoltaikstrom in das Bahnstromnetz

**BAV Projekt-Nr. 127**

Schlussbericht

**Dr. Julius Bosch, SBB Schweizerische Bundesbahnen AG**  
Industriestrasse 1, 3052 Zollikofen, [julius.bosch@sbb.ch](mailto:julius.bosch@sbb.ch), [www.sbb.ch](http://www.sbb.ch)

## **Impressum**

Herausgeberin:  
Bundesamt für Verkehr BAV  
Programm Umsetzung der Energiestrategie 2050 im öffentlichen Verkehr (ESöV 2050)  
CH-3003 Bern

Programmverantwortung  
Tristan Chevroulet, (BAV)

Projektnummer: 127  
Bezugsquelle  
Kostenlos zu beziehen über das Internet  
[www.bav.admin.ch/energie2050](http://www.bav.admin.ch/energie2050)

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor oder sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Bern, den 05.02.2021

# Inhalt

Zusammenfassung Deutsch.....	2
Sommario italiano.....	2
Summary in English .....	2
1. Ausgangslage .....	3
2. Ziel der Arbeit.....	3
3. Forschungsansatz und aktueller Wissensstand .....	3
4. Ergebnisse .....	4
5. Diskussion.....	8
6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	9
Literaturverzeichnis .....	9
Anhang.....	10

## Zusammenfassung Deutsch

Auf dem Dach des Frequenzumformers in Zürich Seebach ist seit Februar 2020 die erste Photovoltaikanlage der Schweiz zur Erzeugung von Bahnstrom in Betrieb. Der Bahnstrom wird direkt und sehr effizient in das Bahnstromnetz eingespeist. Die erzeugte Strommenge reicht, um dauerhaft 100 Generalabonnement Kunden zu befördern. Das Innovative und Besondere an der Photovoltaikanlage ist, dass sie 16.7 Hz einphasigen Bahnstrom produziert und der Strom über bestehende Transformatoren in das Fahrleitungsnetz eingespeist wird. Deshalb beträgt der Wirkungsgrad der Einspeisung ab Photovoltaikmodul bis zum Stromabnehmer des Zuges rund 95 Prozent. Wird der Strom zuerst in das 50 Hz Landesnetz eingespeist und anschliessend in Bahnstrom umgewandelt, führt dies zu Verlusten und der Wirkungsgrad der Einspeisung sinkt auf rund 85 Prozent. Zudem entfallen mit der Direkteinspeisung die Kosten für die Netznutzung des 50 Hz Landesnetzes und zusätzliche Investitionen in Netzanschlüsse und Transformatoren.

## Sommario italiano

Da febbraio 2020, sul tetto della centrale convertitrice a Zurigo Seebach è in funzione il primo impianto fotovoltaico in Svizzera per la produzione di corrente di trazione. La corrente di trazione viene immessa direttamente e in modo molto efficiente nella rete. L'elettricità prodotta corrisponde all'equivalente di corrente necessaria per trasportare 100 clienti con abbonamento generale. La particolarità e la caratteristica innovativa dell'impianto fotovoltaico è che produce corrente di trazione monofase di 16,7 Hz; la corrente viene immessa nella linea di contatto attraverso i trasformatori esistenti. Per questo motivo, il rendimento dal modulo fotovoltaico al pantografo del treno equivale al 95% circa. Se la corrente venisse dapprima immessa nella rete nazionale a 50 Hz e solo dopo trasformata in corrente di trazione, questo comporterebbe grosse perdite e il rendimento sarebbe solo dell'85%. Inoltre, l'alimentazione diretta elimina i costi per l'utilizzo della rete nazionale a 50 Hz e per gli investimenti aggiuntivi per gli allacciamenti alla rete e i trasformatori.

## Summary in English

The first photovoltaic system in Switzerland that produces traction current has been installed on the roof of the frequency converter in Zurich Seebach since February 2020. The traction current is fed directly and very efficiently into the traction current network. Sufficient electricity is generated to keep 100 GA (unlimited-travel) rail customers permanently on the move. The innovative and special feature of this roof-mounted photovoltaic system is that it produces 16.7 Hz single-phase traction current which is fed into the overhead contact line system via existing transformers. As a result, the feed-in from the photovoltaic module to the train's pantograph is around 95 percent efficient. When electricity is first fed into the 50 Hz national grid and then converted into traction current, the resulting losses reduce the feed's efficiency level to around 85 percent. In addition, the innovative feed-in concept eliminates the costs entailed in using the 50 Hz national grid as well as additional investments in grid connections and transformers.

## 1. Ausgangslage

Gemäss Energiestrategie 2050 des Bundes soll die Nutzung erneuerbarer Energien ausgebaut werden. Darüber hinaus haben die SBB in ihrer Energiestrategie das Ziel, bis ins Jahr 2025 die Bahnenergieversorgung auf 100% erneuerbare Energien umzustellen. Derzeit stammen rund 90% aus erneuerbaren Quellen, vornehmlich aus Wasserkraft. Neue erneuerbare Energien, welche direkt in das 16.7 Hz Bahnstromnetz einspeisen, gibt es bisher in der Schweiz nicht, daher fehlen Erfahrungen bezüglich der Einspeisung in das 16.7 Hz Netz.

In einem Innovationsprojekt „rENewable“ wurde bei SBB Energie eine neuartige Einspeisemethode für Photovoltaikstrom entwickelt, bei der unter der Nutzung vor Ort vorhandener Transformatoren am Fahrleitungsnetz (15kV / 230 V 16.7 Hz) die Verluste und die Kosten für die Einspeisung deutlich gesenkt werden.

Mit der Pilotanlage im vorliegenden Projekt wird diese Methode verifiziert.

## 2. Ziel der Arbeit

Ziel des Pilotprojektes ist es, die neuartige und innovative Einspeisemethode für die dezentrale Direkteinspeisung von Photovoltaikstrom praktisch zu erproben. Darüber hinaus sollen Erfahrungen mit der Erzeugung von 16.7 Hz Einphasenbahnstrom aus neuen erneuerbaren Quellen gesammelt werden.

## 3. Forschungsansatz und aktueller Wissensstand

Mit der Realisierung einer Pilotanlage, welche direkt 16.7 Hz Photovoltaikstrom erzeugt und diesen über bestehende Transformatoren unmittelbar in das Fahrleitungsnetz speist, wird die Machbarkeit dieser Technologie aufgezeigt. Ausserdem werden die Herausforderungen bei der Realisierung solcher Projekte sichtbar.

In der Schweiz gibt es bisher keine Anlagen, die aus neuen erneuerbaren Quellen (insbesondere Photovoltaik und Wind) 16.7 Hz Bahnstrom produzieren.

Es ist jedoch folgende Literatur zu Einspeisung von Photovoltaikstrom direkt in Fahrleitungen bekannt:

- In [1] wurde eine PV Anlage zur Einspeisung in die Gleichstromfahrleitung in Hannover beschrieben. Aufgrund des dort verwendeten Gleichstromsystems hat die Anlage wenig parallelen, es erfolgte somit im Rahmen des vorliegenden Projektes keine nähere Analyse.
- In [2] wurde das jetzt von SBB umgesetzte Einspeisekonzept von Photovoltaikstrom im Rahmen einer Studie entwickelt und untersucht. Die Studie war unter anderem Grundlage für dieses Pilotprojekt.
- In [3] wurde die Photovoltaikanlage mit 16.7 Hz Einspeisung bei ÖBB mit zusätzlichem Transformator beschrieben. Die Erfahrungen von den ÖBB der 16.7 Hz Photovoltaikanlage wurden im aktuellen Projekt berücksichtigt.
- In [4] wurden ähnliche Einspeisewege wie in [2] vorgeschlagen.

Windkraftanlagen, die in ein 16.7 Hz Netz speisen, sind nicht bekannt. Neben der Recherche von bereits bestehenden neuen erneuerbaren Anlagen, welche in die Fahrleitung speisen; stellte sich insbesondere die Frage, mit welcher erneuerbaren Technologie die Einspeisung in das 16.7 Hz Fahrleitungsnetz erprobt werden solle. In Abbildung 1 sind verschiedene erneuerbare Technologien aufgeführt sowie bestehende Wasserkraft als Vergleich. Auf der Abszisse sind die erwarteten Gestehungskosten des produzierten Stromes aufgeführt, auf der Ordinate die Realisierbarkeit. Grosstechnische Windkraft (Wind gross) ist eine etablierte Technologie, allerdings ist es derzeit in der Schweiz sehr schwer, einen Standort zu finden, an dem eine Anlage gebaut werden darf. Mitteltgrosse Windkraftanlagen könnten dazu eine Alternative bieten, ein Standort wäre voraussichtlich einfacher zu finden, allerdings ist die Technologie noch im Entwicklungsstadium. Die Installation von Photovoltaik ist relativ einfach und die Preise

für die Module sind in den letzten Jahren stark gefallen, daher wurde Photovoltaik als Technologie zur Erprobung der 16.7 Hz Einspeisung ausgewählt.

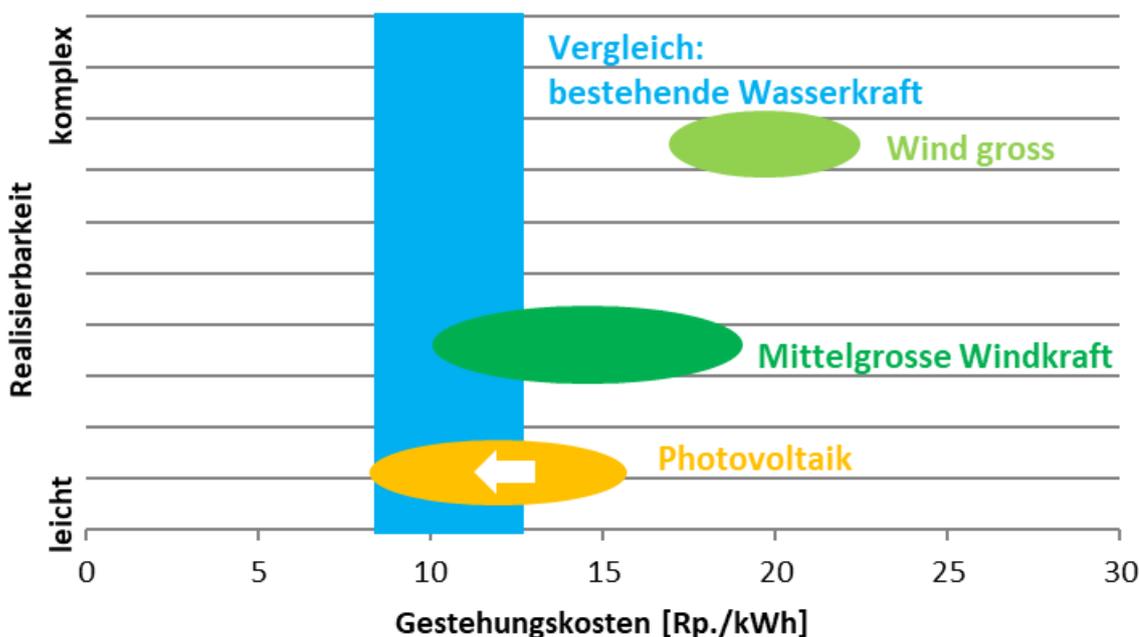


Abbildung 1: Vergleich der erneuerbaren Technologien zur Realisierung einer Pilotanlage, Realisierbarkeit und Gestehungskosten des produzierten Stromes.

#### 4. Ergebnisse

Als geeignete erneuerbare Technologie hat sich Photovoltaik bewährt. Grundsätzlich ist das Potenzial der Flächen, die mit Photovoltaik nutzbar sind, im Bahnbereich hoch. Um die Kosten für den Netzanschluss gering zu halten ist es vorteilhaft, wenn die nutzbare Fläche beim vorliegenden Einspeisekonzept nahe an einem vorhandenen Transformator liegt.

Das Einspeisekonzept (Abbildung 2) hat sich bewährt und konnte erfolgreich umgesetzt werden. Zur Einspeisung wird ein bereits im Netz vorhandener Transformator 15 kV / 230 V (16.7 Hz, einphasig) verwendet. Dieser Trafo erfüllt weiterhin seine Funktion der Speisung von Nebenverbrauchern (zum Beispiel: Weichenheizung oder Eigenbedarf von Werken), dabei fließt die Energie vom 15 kV 16.7 Hz Netz in das lokale 230 V 16.7 Hz Netz. Zusätzlich wird der Trafo durch die Einspeisung auf der 230 V Ebene dann auch genutzt, um Energie in das Fahrleitungsnetz einzuspeisen. Erfolgt ein gleichzeitiger Verbrauch, durch den 230 V Verbraucher, wird der Trafo entlastet.

Die Beschaffung der 16.7 Hz Wechselrichter stellte beim vorliegenden Projekt keine grössere Hürde dar. Es konnten Wechselrichter beschafft werden, welche für das 50 Hz Netz als einphasige Wechselrichter vertrieben wurden. Diese Wechselrichter wurden von Hersteller auf die 16.7 Hz Bahnstromfrequenz umprogrammiert. Hardwareanpassungen an den Wechselrichtern waren nicht nötig, da der Wechselrichter bereits einphasig war.

Die Photovoltaik Pilotanlage ist seit dem 07.02.2020 im Betrieb und speist in das 16.7 Hz Netz ein. Seit der Inbetriebnahme gab es keine Störung der Anlage. Die Inbetriebnahme und der Betrieb der Wechselrichter verlaufen problemlos.

Bei einem Versuch wurden die Wechselwirkungen zwischen den bestehenden Anlagen (Gleichrichter für den Eigenbedarf) und den neuen Photovoltaikwechselrichtern mithilfe eines hochauflösenden Messgeräts untersucht. Es gab keine Anzeichen für eine negative Wechselwirkung.

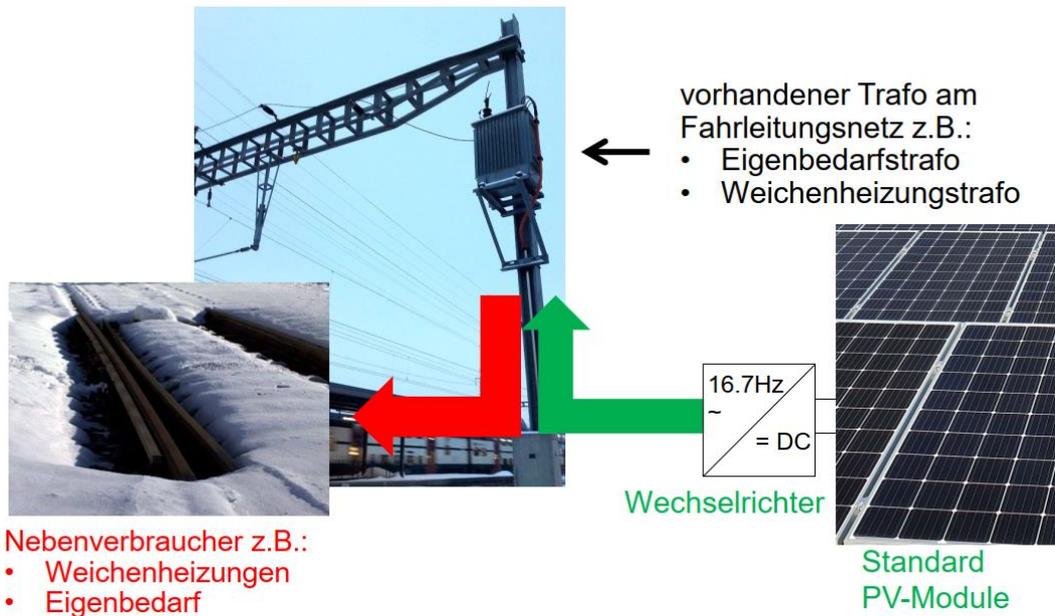


Abbildung 2: Schematische Darstellung des innovativen Einspeisekonzeptes mit der Verwendung bereits vorhandener Transformatoren im Netz.

Die Photovoltaikmodule mit einer Spitzenleistung von 132 kW sind auf den Dächern des Umformer Gebäudes und des Dienstgebäudes mit einer Aufständerung mit 10° Neigung montiert (Abbildung 3 und Abbildung 4). Die gesamte gleichstromseitige Installation und die Photovoltaikmodule sind Standardkomponenten, die auf der Gleichstromseite auch standardmässig von einem PV-Installateur montiert wurden. Die Technologie unterscheidet sich erst ab den Wechselrichtern von einer Standard PV Anlage. Die Wechselrichter müssen einphasig und auf 16.7 Hz programmiert sein. Die 16.7 Hz Installation inklusive des Netzanschlusses wurde durch das SBB Personal durchgeführt.



Abbildung 3: Photovoltaikmodule auf dem Dach des Umformergebäudes (links) und des Dienstgebäudes (rechts) des SBB Energie Standortes Zürich Seebach [Foto: Basler & Hofmann AG, Christof Bucher].



Abbildung 4: Aufsicht Dach des Umformergebäudes [Foto: Basler & Hofmann AG, Christof Bucher]

Die Wechselrichter und der AC Verteilerschrank wurden im Dienstgebäude in einem Raum im Untergeschoss installiert. Die acht Wechselrichter haben jeweils eine Nennleistung von 10 kW. Zur Auswertung der Produktionsdaten und zur Überwachung der Wechselrichter wurde ein Solar Daten Logger installiert, der von fern ausgelesen werden kann. In Abbildung 5 ist ein Tagesproduktionsprofil der gesamten Anlage zu sehen.

Neben der Installation der Module war auch die Installation einer permanenten Absturzsicherung am Gebäude erforderlich.

Für das gesamte Projekt war ein Plangenehmigungsverfahren (PGV) nötig, da die Anlage Bahnstrom produziert. Zum PGV nahmen der Kanton und die Stadt Zürich Stellung, eine öffentliche Auflage erfolge aufgrund des vereinfachten Verfahrens aber nicht.

Die Öffentlichkeit wurde über eine Medienmitteilung informiert, welche von den Medien (siehe Anhang) gut aufgenommen wurde. Weiterhin wurden am Gebäude in Zürich Seebach zwei Informationsplakate montiert, die von den Bahnstrecken neben dem Werk sichtbar sind.

## SBB Solarkraftwerk FU Seebach (16.7Hz)

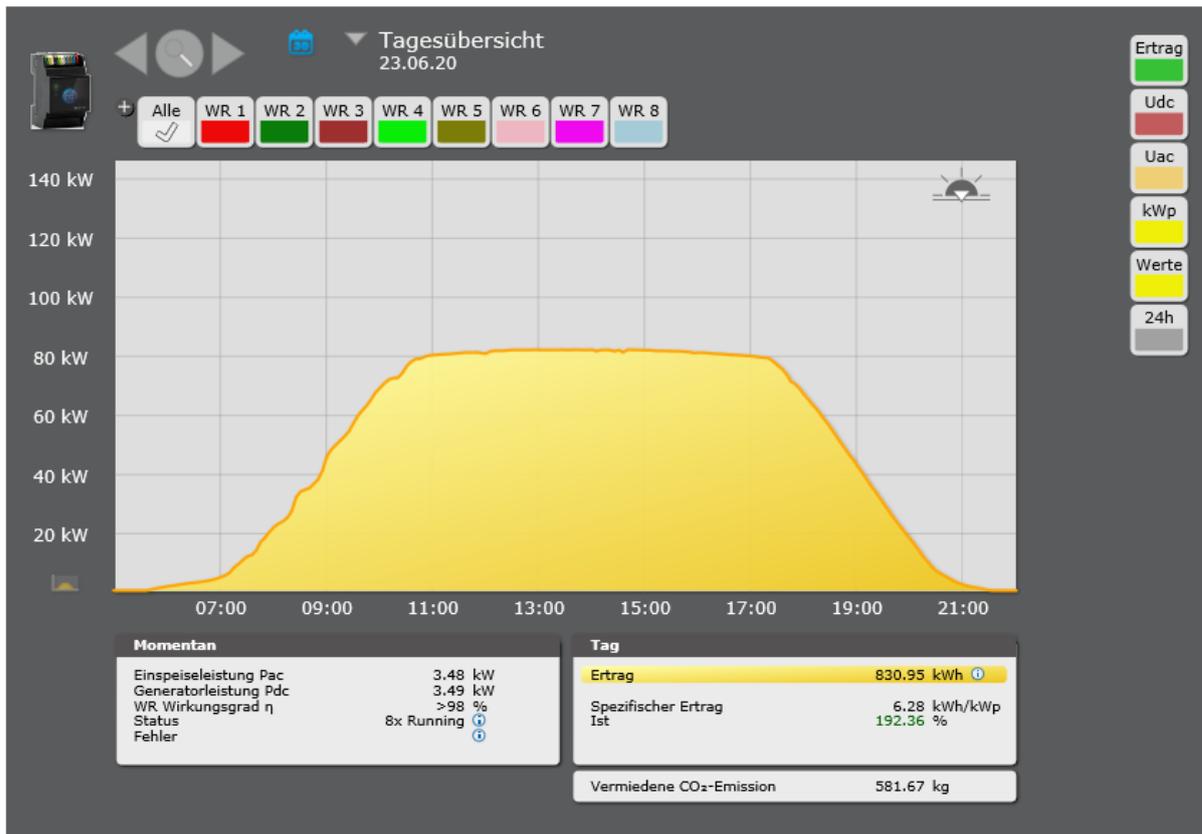
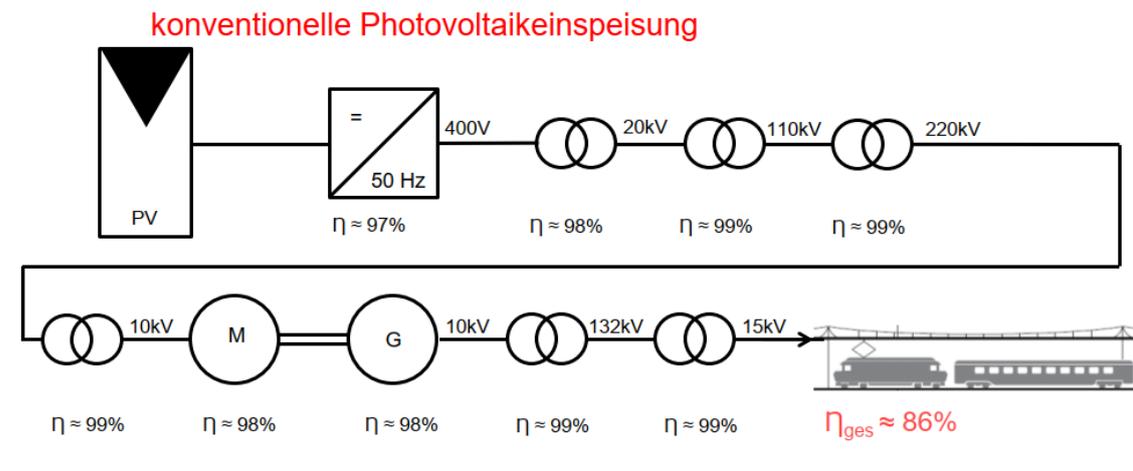


Abbildung 5: Tagesproduktionsprofil vom 23.06.2020 (sonniger Tag)



## Direkteinspeisung 16,7 Hz

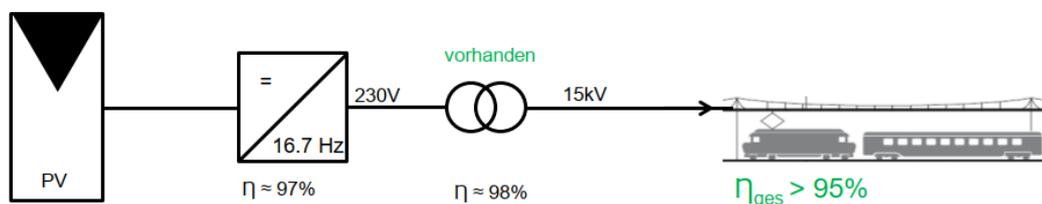


Abbildung 6: Einspeisevarianten von Photovoltaikstrom zur Versorgung der Traction.

## 5. Diskussion

Aufgrund der problemlosen Inbetriebnahme und des störungsfreien Betriebes seit Inbetriebnahme kann die Technologie nach heutigem Wissenstand mit einjähriger Betriebserfahrung als sehr zuverlässig eingestuft werden.

In Abbildung 6 sind zwei Varianten aufgezeigt, mit denen Traktionsenergie aus Photovoltaik bereitgestellt werden kann. Entweder durch konventionelle Photovoltaikwechselrichter, die ins 50 Hz Landesnetz speisen (oben), oder mit der innovativen Direkteinspeisung (unten). Bei der Variante 50 Hz müssen mehrere Netzebenen des Landesnetzes genutzt werden und die Energie dann in Bahnstrom umgewandelt werden, das alles ist mit Verlusten verbunden, sodass der Wirkungsgrad der Einspeisung via 50 Hz Netz nur bei etwa 85% liegt. Der Wirkungsgrad der Direkteinspeisung bei etwa 95%. Ausserdem entfallen die Netznutzungskosten für das 50 Hz Netz.

Die Beschaffung der 16.7 Hz Wechselrichter war für dieses Projekt möglich. Ist aber in Zukunft für Kleinanlagen zu prüfen, da dieser Wechselrichtertyp nicht mehr produziert wird. Die Herausforderung könnte in Zukunft sein, dass weniger einphasige 50 Hz Photovoltaikwechselrichtertypen hergestellt werden, welche potenziell als 16.7 Hz Wechselrichter umprogrammiert werden könnten. Jedoch gibt es auch Ideen, dreiphasige Wechselrichter für einphasige Netze zu nutzen.

Auch wenn die erzeugte Energie von rund 130 MWh im Verhältnis zum Gesamtenergiebedarf sehr klein ist, reicht die erzeugte Energie aus, um umgerechnet den Bahnstrombedarf von rund 100 Generalabonnement Kunden dauerhaft zu decken. Oder für rund 1'000 Generalabonnement Kunden den jetzigen Bahnstrommix von 90% Wasserkraft mit 10% Strom aus der Pilotanlage von Seebach zu ergänzen.

Es wäre vorteilhaft, die Errichtung weiterer solcher Anlagen mit Bau oder Erneuerungsprojekten von Gebäuden oder Anlagen zu kombinieren, um die Kosten weiter zu senken. Zum Beispiel entstehen dann Synergien bei den Gerüsten oder auch bei der Erstellung von Genehmigungsverfahren. Die Erstellung des Plangenehmigungsverfahrens stellt bei dem vorliegenden Projekt einen erheblichen Aufwand dar. Ausserdem wäre es auch denkbar, die konventionelle Dacheindeckung zum Beispiel bei Perrondächern durch semitransparente Photovoltaikmodule zu ersetzen.

Die Nutzung der vorhandenen Transformatoren für den Netzanschluss eignet sich für kleine bis mittel-grosse Photovoltaikanlagen (Leistungsklasse rund 100 kW), da das Verlegen von Netzanschlussleitungen im Bahnumfeld aber recht teuer ist, sollte die Distanz zwischen der nutzbaren Fläche und dem Trafo nicht zu gross sein.

Photovoltaikeinspeisung passt gut in das Bahnstromnetz, da die Differenz von Tagesleistung zu Nachtleistung im Bahnstromnetz grösser ist als im 50 Hz Netz, somit deckt die Photovoltaikproduktion am Tag direkt den erhöhten Bedarf.

Eine zeitgleich von der ETH Zürich erstellte Studie zeigt auf, dass sich bis zu 20% Energieproduktion aus Photovoltaik in das 16.7 Hz Netz integrieren lassen, ohne dass es zu einem Verwurf von Energie kommt. In der Studie wurden auch andere Kombinationen von neuen erneuerbaren Energieträgern untersucht [5].

Für die 16.7 Hz Photovoltaikanlage wird noch eine «Einmalvergütung für grosse Photovoltaikanlagen (GREIV)» bei pronovo beantragt werden. Die Förderberechtigung von 16.7 Hz Photovoltaikanalgen ist ein wichtiger Meilenstein, vor allem auch für zukünftige Projekte.

Die Anlage produziert zu Gestehungskosten von 12.3 Rp./kWh. In diesen Kosten sind initiale und einmalige Aufwände eingeschlossen, welche für weitere PV-Anlagen (Rollout) nicht mehr anfallen werden. Wäre die PV-Anlage auf dem FU Seebach im Rahmen des Rollouts realisiert worden – also ohne die Initialaufwände – würde die Anlage für rund 11.0 Rp./kWh produzieren.

Die SBB hat bei Pronovo ein Förderantrag für die Einmalvergütung gestellt. Unter der Annahme, dass die Förderung der PV-Anlage bewilligt würde und dies vor dem 01.04.2021 geschehe, würden sich folglich die Gestehungskosten reduzieren. Dann wären die Gestehungskosten der Pilotanlage 11.5 Rp./kWh und jene der theoretischen Rolloutbetrachtung lägen bei 10.3 Rp./kWh.

Die Stromgestehungskosten beim Rollout von PV-Anlagen mit Direkteinspeisung ins 16.7Hz Bahnstromnetz können nicht allgemeingültig ausgewiesen werden, da die Kostenstruktur stark von den Rahmenbedingungen der Anlage abhängig sind (bspw. Anlagegrösse, bestehender oder neuer Trafo, Einspeisung im FU/UW oder auf der Strecke, Distanz zur Fahrleitung und weitere). Mit der Pilotanlage auf dem FU Seebach konnte indes aufgezeigt werden, dass auch für grosse PV-Anlagen (ab rund 300 kWp) bei guten Rahmenbedingungen die Gestehungskosten durchaus attraktiv sein können. Die Wirtschaftlichkeit muss jedoch entsprechend auf einer Einzelfallbetrachtung bewertet werden.

## 6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Der weitere Bau solcher Anlagen kann empfohlen werden, neben Anlagen in der hier vorgestellten Grössenordnung ist zu prüfen, ob auch Anlagen mit grösserer Leistung möglich sind, dann in aller Regel mit eigenem Einspeise Trafo in das 15 kV Fahrleitungsnetz.

Das theoretische Potenzial auf Perrondächern beläuft sich auf gut 50 MW, das Potenzial an Lärmschutzwänden (nur senkrechte Montage an der Bahn abgewandten Seite) gut 70 MW sowie ausgewählten Dachflächen von rund 15 MW. Weiterhin wären Freiflächenanlagen z.B. an Böschungen denkbar, wobei hier Interessenskonflikte mit dem Naturschutz bestehen könnten. Darüber hinaus wären schwimmende Anlagen auf Stauseen technisch möglich.

Weiterhin sind für die SBB Photovoltaikanlagen in alpinen Lagen besonders interessant, da solche Anlagen bis zur Hälfte ihrer Energie im Winterhalbjahr erzeugen. Im Winter ist die Energiebilanz von SBB derzeit untergedeckt, es muss also Strom aus dem 50 Hz Netz zugekauft werden. Insbesondere ab Februar / März ist die Wasserkraftproduktion sehr gering, genau hier könnte alpine Photovoltaikanlagen, welche ab März sehr grosse Energiemengen produzieren, sinnvoll sein. Neben dieser günstigeren saisonalen Verteilung sind alpine Photovoltaikanlagen aus drei weiteren Gründen sinnvoll: Erstens, die höhere Globalstrahlung in grösserer Höhe, zweitens die geringeren Temperaturen der Umgebung und damit der Module, welche dadurch effizienter werden, sowie drittens die höhere Albedo der Erdoberfläche bedingt durch den Schnee. Alpine Photovoltaikanlagen könnten bei SBB Energie schwimmend auf Stauseen realisiert werden. Erste schwimmende Photovoltaikanlagen auf Stauseen gibt es bereits in der Schweiz.

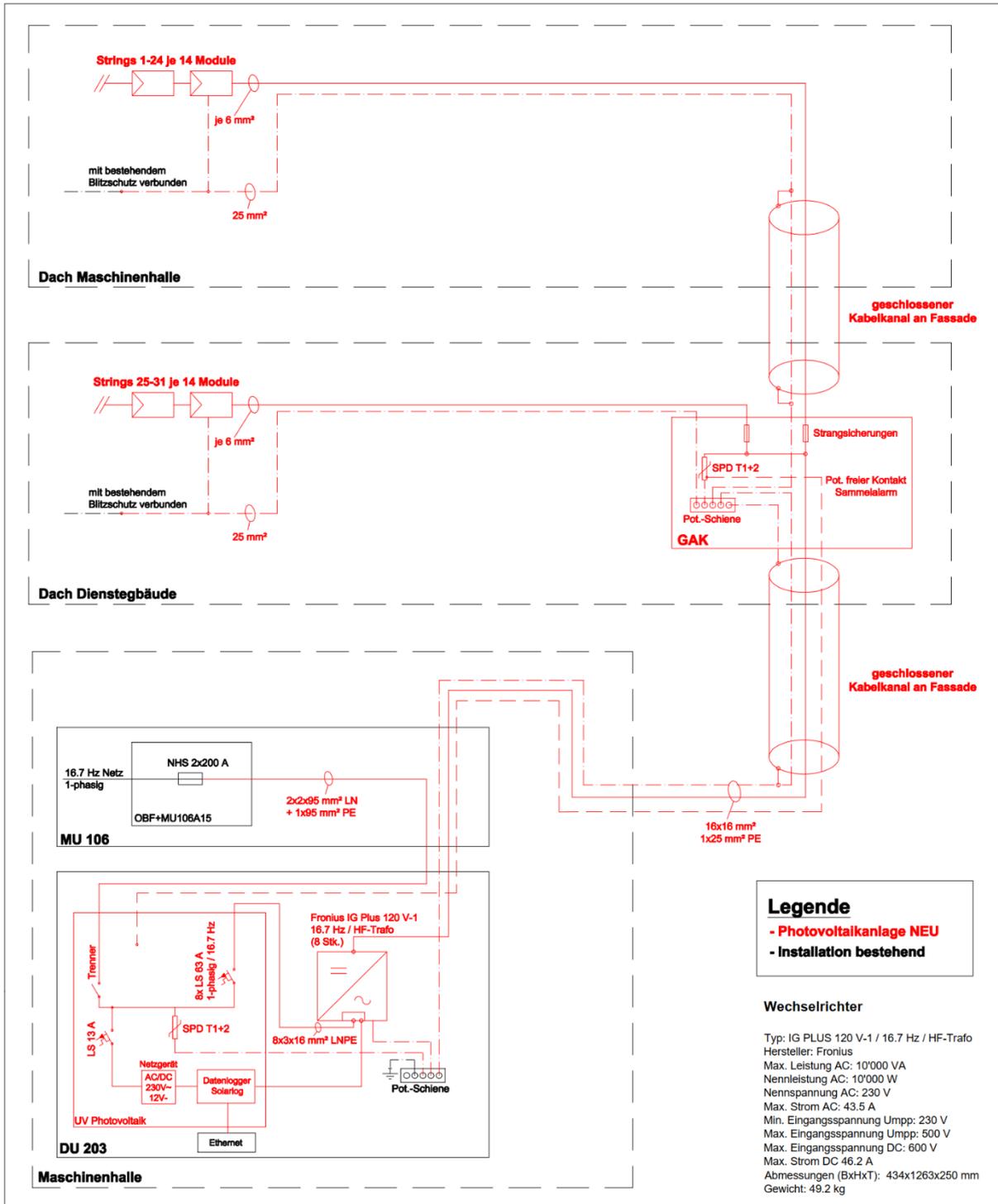
Die Direkteinspeisung von neuen erneuerbaren Energien für Traktionszwecke kann aufgrund der Erfahrungen des Pilotprojektes empfohlen werden.

## Literaturverzeichnis

- [1] Wolff D., Schult J.; Photovoltaikanlage zur Einspeisung in das Fahrleitungsnetz der üstra Hannover; Elektrische Bahnen 5-6/2000 Seite 207ff
- [2] Bosch J.; Einspeisung von Photovoltaikstrom in das Bahnstromnetz; interner Bericht SBB und Technische Universität München; 30.04.2012
- [3] Rossberg R. R.; Solarkraftwerk für 16,7-Hz-Bahnenergie; Elektrische Bahnen 6-7/2015 Seite 282 f
- [4] Schütte T., Behmann U.; Erneuerbare Energie für Bahnnetze; VSE Bulletin 11/2016 Seite 34 ff
- [5] Jeiziner A., Achieving a 100 % Renewable Swiss Federal Railway System, Semester Thesis, Power Systems Laboratory, ETH Zürich, 2019

# Anhang

## A1 generelles Schema



FU Seebach 16.7 Hz						
Unterwerkstrasse, 8052 Zürich						Masstab: --
Übersichtsschema PVA						Plan-Nr.: --
Größe: Format A3	Datum: 25.02.2019	Gezeichnet: chbo	Geprüft: anzu	Genehmigt		
Rev. 01	Datum: --	Gezeichnet: --	Geprüft: --	Genehmigt --		
Rev. 02	Datum: --	Gezeichnet: --	Geprüft: --	Genehmigt --		
Rev. 03	Datum: --	Gezeichnet: --	Geprüft: --	Genehmigt --		
Rev. 04	Datum: --	Gezeichnet: --	Geprüft: --	Genehmigt --		
<b>BE NETZ</b> Bau und Energie BE Netz AG Industriestrasse 4 6030 Ebikon Tel 041 319 00 00 www.benet.ch				Fax 041 319 00 01 info@benetz.ch Projekt Nr. 1018377		

**Allgemeine Hinweise**

- Das vorliegende Schema ist ein reines Funktionsschema und muss durch den Planer / Installateur den örtlichen Gegebenheiten angepasst werden. Dies betrifft insbesondere die Dimensionierung, Selektivität und Kurzschlussfestigkeit der Schutzpotenziale, Sicherungen, Leitungen und Schütze. Versicherungen sind nicht eingezeichnet jedoch wo nötig vorzusehen.
- Sämtliche elektrisch leitenden Teile (ausser AC- und DC-Leitungen) sind an das bestehende Blitzschutzsystem/Potausgleich anzuschliessen. Dieser ist hier nur für ein PV-Feld und ein Wechselrichter gezeichnet, gilt jedoch sinngemäss für die ganze Anlage.
- Schutzpotenzialausgleich möglichst parallel zu Stringkabel führen.
- Schutzpotenzialausgleich an den nächsten und geeignetsten Erdungspunkt anschliessen.
- LS-Sicherungen müssen allpolig und gleichzeitig abschaltbar sein.
- Falls vom Blitzschutzkonzept nicht anders nachgewiesen, sind in Verbindung mit einer Blitzschutzanlage auf der DC-Seite SPD's Typ 1 gefordert welche innerhalb 10 Meter ab Zonenübergang angeordnet sein müssen.
- Leiterschleifen sind zu vermeiden.

## A2 Medienberichte zur Pilotanlage

Höfner Volksblatt

### **Photovoltaikanlage für Bahnstrom**

Die **SBB** hat auf dem Dach des Frequenzumformers in Zürich-Seebach die erste Photovoltaik-Anlage in Betrieb genommen, welche Bahnstrom produziert. Neu an der Photovoltaik-Anlage auf dem Dach des Frequenzumformers in Zürich Seebach ist, dass Bahn- und nicht Haushaltsstrom produziert werden soll, wie die **SBB** am Freitag mitteilte. Die PV-Anlage soll rund 130 000 Kilowattstunden Strom pro Jahr produzieren. Das entspricht 1,4 Millionen Personenkilometern. Die **SBB** setzt sich als Ziel, bis 2025 ausschliesslich Bahnstrom aus erneuerbaren Quellen zu beziehen. Heute stammen rund 90 Prozent des Strombedarfs der **SBB** aus Wasserkraft. *(sda)*

ZÜRICH-SEEBACH

## Erste Photovoltaik-Anlage für Bahnstrom: In Seebach entsteht Strom für 1,4 Millionen Personenkilometer

sda • 12.6.2020 um 17:07 Uhr



In Seebach wird gestartet: Die SBB will bis 2025 ausschliesslich Bahnstrom aus erneuerbaren Quellen zu beziehen.

© Chris Iseli

---

**Die SBB hat auf dem Dach des Frequenzumformers in Zürich-Seebach die erste Photovoltaik-Anlage in Betrieb genommen, welche Bahnstrom produziert.**

## **Der produzierte Strom soll über 100'000 Kilowattstunden pro Jahr betragen.**

Neu an der Photovoltaik-Anlage (PV-Anlage) auf dem Dach des Frequenzumformers in Zürich Seebach ist, dass Bahn- und nicht Haushaltsstrom produziert werden soll, wie die SBB am Freitag mitteilte. Die PV-Anlage soll rund 130'000 Kilowattstunden Strom pro Jahr produzieren. Das entspricht 1,4 Millionen Personenkilometer.

Die SBB wird im Rahmen des Pilotversuchs testen, wie sich die PV-Anlage in der Praxis bewährt. Das Projekt wird im Rahmen der Energiestrategie 2050 des öffentlichen Verkehrs vom Bundesamt für Verkehr unterstützt.

Die SBB setzt sich als Ziel, bis 2025 ausschliesslich Bahnstrom aus erneuerbaren Quellen zu beziehen. Heute stammen rund 90 Prozent des Strombedarfs der SBB aus Wasserkraft. Durch PV-Anlage soll der Anteil nun auf 100 Prozent steigen. Zur Zeit sind auf Gebäuden der SBB bereits zwölf PV-Anlagen installiert. Der Unterschied zwischen Haushalt- und Bahnstrom liegt in der Frequenz. Während Haushaltstrom eine Frequenz von 50 Hertz besitzt, hat Bahnstrom eine Frequenz von 16,7 Hertz.

## ÉNERGIE

Actualisé 13.06.2020 09:05

# Les CFF testent des trains qui carburent à l'électricité solaire

**Les CFF ont mis en service à Zurich-Seebach la première installation photovoltaïque produisant du courant de traction.**



Les CFF ont mis en service à Zurich-Seebach la première installation photovoltaïque produisant du courant de traction. L'électricité produite permet de transporter l'équivalent de 100 possesseurs de l'abonnement général durant un an.

Le système photovoltaïque mis en service est installé sur le toit du convertisseur de fréquence de Zurich-Seebach. Il produira environ 130'000 kilowattheures d'électricité par année pour les trains, ont indiqué vendredi les CFF. Il s'agit pour l'instant de tester le système et voir s'il fait ses preuves. Le projet pilote est soutenu l'Office fédéral des transports dans le cadre de la stratégie énergétique 2050 pour les transports publics. ...



Le nouveau système photovoltaïque de Zurich-Seebach produit de l'énergie de traction.  
CFF

## «Potentiel considérable»

Les CFF sont fortement intéressés par la mise en service d'installations photovoltaïques supplémentaires qui alimenteront directement la ligne de contact en courant de traction. Ces installations présentent «un potentiel considérable» et pourraient fournir une partie de l'énergie pour l'exploitation ferroviaire. Les CFF disposent de nombreux sites adaptés pour ce type d'installations.

Sur les douze installations photovoltaïques dont disposent déjà les CFF, seule celle de Zurich-Seebach produit du courant de traction. Les autres produisent du courant domestique. Le courant domestique a une fréquence de 50 hertz alors que celle du courant de traction est de 16,7 hertz.

## Achat de courant domestique

Les centrales hydrauliques des CFF produisent du courant de traction. Mais cette énergie hydraulique ne suffit pas à couvrir tous les besoins du réseau ferroviaire. C'est pourquoi les CFF achètent aussi du courant domestique qu'ils convertissent en courant de traction à l'aide de convertisseurs de fréquence.

L'électricité d'origine domestique convertie en courant de traction entraîne toutefois des pertes et l'efficacité énergétique n'est plus que de 85%.

L'électricité produite à Zurich-Seebach, au prix d'un investissement «relativement conséquent», alimente les trains avec une efficacité énergétique de 95%, soulignent les CFF.

(ATS)