

«Le présent document a été traduit automatiquement sans aucune relecture de la part du service de traduction. En cas de doute, la version originale en allemand fait foi.»

Atelier 1. «Photovoltaïque sur les toits des arrêts de bus & des quais»

Markus Allenspach, SOB
Rolf Frömcke, BVB
André Guidi, BLS
Marcel Reinhard, SBB




Forum UTP sur l'énergie durable.
20 novembre 2024



Agenda

- Situation initiale (20')
 - Prescriptions réglementaires
 - Modèles commerciaux
 - Conditions cadres techniques
- Exemples de bonnes pratiques (30')
 - PV sur le toit d'un quai à Herisau (SOB)
 - Installation photovoltaïque dans les abribus standard de la Basler Verkehrs-Betriebe (BVB)
 - Toiture de quai PV avec support en plastique à Menznau (BLS)
- World Café (30')
- Conclusion (5')

Objectifs du cours de formation continue « Photovoltaïque sur les toits des arrêts de bus et des quais ».

-  Aperçu des exemples de bonnes pratiques dans les entreprises ferroviaires et de bus
-  Échange professionnel sur les aspects et les défis pertinents
-  Déterminer s'il est nécessaire de créer un groupe spécialisé au sein du groupe de travail « Energie durable » pour le PV sur les toits des quais

Situation de départ.

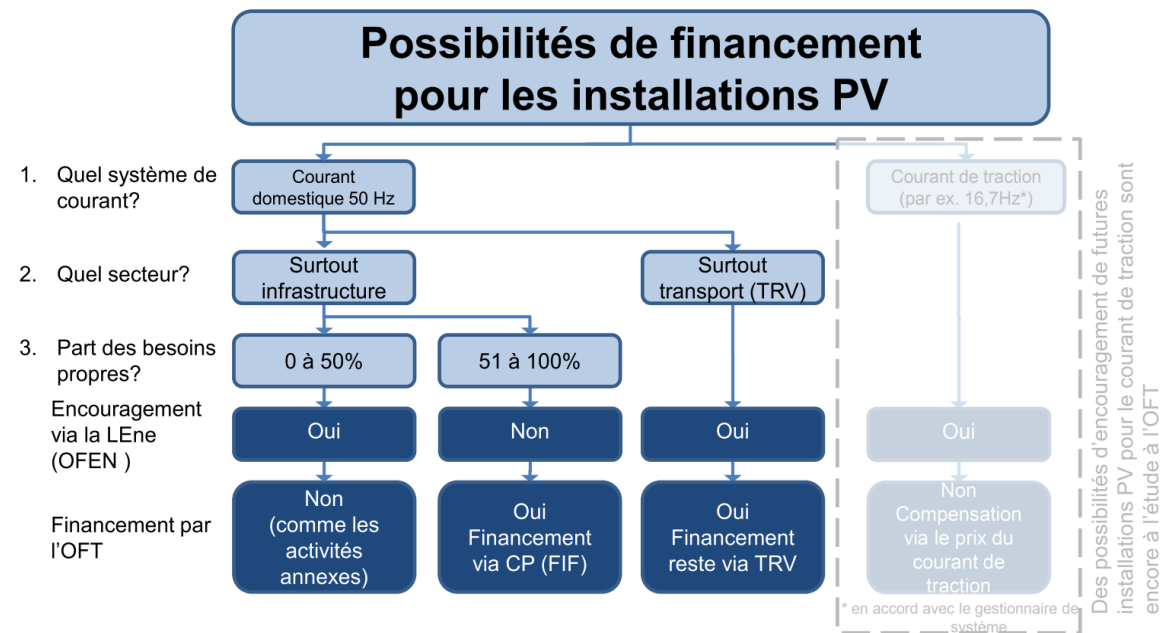


Exigences réglementaires

- PV obligatoire (loi sur l'énergie (LEne), en vigueur depuis octobre 2022, révisée en janvier 2025)
 - PV obligatoire pour les bâtiments d'une surface > 300 m², l'obligation peut être étendue aux bâtiments < 300m² au niveau cantonal (art. 45a Obligation d'utiliser l'énergie solaire pour les bâtiments).
 - Les infrastructures appropriées des entreprises proches de la Confédération doivent être équipées d'un système solaire actif. Les surfaces d'infrastructure non utilisées doivent être mises à la disposition de tiers (art. 45b Utilisation de l'énergie solaire pour les infrastructures de la Confédération).
- Suppression en grande partie de l'obligation de PGV pour les installations PV (directive de l'OFT : Construction et modification de bâtiments et d'installations sans autorisation - lien, en vigueur depuis octobre 2022).
 - Les installations solaires sur les toits des bâtiments ferroviaires ne nécessitent pas d'approbation des plans si...
 - elles sont suffisamment adaptées selon l'art. 32a OAT (majorité des bâtiments, toits des quais,...
 - elles alimentent le réseau électrique ferroviaire (p. ex. 16,7 Hz) jusqu'au raccordement au réseau électrique ferroviaire. Le raccordement au réseau reste cependant soumis à autorisation.
 - Les installations photovoltaïques au sol ou sur des murs antibruit, par exemple, restent soumises à la PGV.
- Les conditions générales pour l'injection directe d'installations PV dans le réseau électrique ferroviaire ont été fixées par le gestionnaire du système - pas d'obligation de raccordement, pas de consommation propre, coûts marginaux Profil de valer

Les exigences réglementaires.

- Possibilités de financement des installations PV pour les infrastructures en fonction de l'autoconsommation d'électricité.
 - Autoconsommation d'électricité $> 50\%^*$: Financement par le FIF, mais pas d'EIV (Pronovo)
 - Besoin propre en électricité $< 50\%^*$: Pas de financement par le FIF, mais éligible à l'EIV (Pronovo)



Session spécialisée 2022, Ittigen
23.11.2022



* Atteinte de la part requise des besoins propres en électricité via le groupe-bilan autorisée

Modèles commerciaux pour les installations PV.

Formes de financement et leurs avantages et inconvénients.

Contrat de performance	PV-Contracting
<ul style="list-style-type: none">⊕ Aucun coût de capital⊕ Permet un financement économique des petites installations solaires⊖ Pénurie / concurrence de moyens⊖ 50% Régulation de la consommation propre OFT⊖ Pas de promotion de Pronovo	<ul style="list-style-type: none">⊕ Pas / peu de fonds propres nécessaires⊕ Pas de risque dans l'exploitation de l'installation⊖ Ne convient pas aux petits projets⊖ Rendement réduit Propriétaires de toits⊖ Dettes envers des tiers
Commercial	Bail de surface
<ul style="list-style-type: none">⊕ Disponibilité des fonds plus simple⊕ Promotion possible⊖ Coût du capital tendancielllement plus élevé⊖ Concurrence des moyens pour les investissements	<ul style="list-style-type: none">⊕ Pas / peu de fonds propres nécessaires⊕ Pas de risque dans l'exploitation de l'installation⊖ Pas de rendement⊖ Dettes envers des tiers

Conditions techniques générales / Liste de contrôle 1

Formulation du besoin / étude préliminaire / étude

Définition des objectifs

- ❖ Objectif de l'installation PV (autoconsommation, injection dans le réseau, les deux)
- ❖ Existe-t-il des considérations pour un ballast électronique ou un ZEV ? > Preneur ?
- ❖ Puissance requise kWp
- ❖ Analyse de la courbe de charge sur 7 jours > consommation propre effective Raccordement au réseau ou circuit de comptage ?
- ❖ Considérations de base sur le financement/les subventions ?

Conditions techniques générales / Liste de contrôle 2

Formulation du besoin / étude préliminaire / étude

Analyse du site

- ❖ Orientation, inclinaison et surface des surfaces de toitures ou des espaces libres disponibles Vérification de l'ombrage éventuel par les bâtiments environnants, les arbres, etc.
- ❖ Conditions climatiques (ensoleillement, conditions de température)
- ❖ Statique des surfaces de toit (capacité de charge, portance)
- ❖ Les droits de tiers peuvent être menacés dans l'environnement / le voisinage.
- ❖ Infrastructure critique concernée par l'exploitation ferroviaire Installation de lignes de contact, etc.
- ❖ Évaluation générale de la sécurité concernant la construction et l'exploitation de l'installation ?
- ❖ Type d'installation Structure/ installation Eventuellement toiture verte Combinaison >> La biodiversité est-elle préservée ? La biodiversité peut-elle être encouragée ?
- ❖ Rénovations à venir ? Ou quand a eu lieu la dernière rénovation ? Des projets de construction sont-ils prévus dans le périmètre ?
- ❖ L'énergie peut-elle être dissipée lorsque l'alimentation du réseau est maximale ? Extension du raccordement au réseau / du poste de transformation >> Clarification préalable avec le fournisseur d'énergie

Conditions techniques générales / Liste de contrôle 3

Étude de projet 1

Autorisations et cadre juridique

- ❖ Vérifier si la construction sans permis est possible. >> Voir le guide Swissolar
- ❖ Y a-t-il des risques potentiels pour l'exploitation ferroviaire ou les installations d'infrastructure ? Si nécessaire, clarifications avec l'OFT
- ❖ Droits de tiers menacés ? / Impliquer les riverains si possible
- ❖ Des bâtiments classés monuments historiques ou sites protégés sont-ils concernés ? Intégrer si possible des clarifications avec le service de conservation des monuments.
- ❖ Proposition de raccordement au réseau ou planification détaillée avec le fournisseur d'énergie, mise en place d'un ballast électronique, d'un compteur d'électricité, protection du réseau ou étranglement par le fournisseur d'énergie.

Conditions techniques générales / Liste de contrôle 4

Étude de projet 2

Modèle de financement/ Planification économique

- ❖ Détermination des coûts d'investissement
- ❖ Les prestations doivent-elles faire l'objet d'un appel d'offres ? >> Vérification des valeurs seuils HTP/OMP
- ❖ Calcul de rentabilité
- ❖ Modèles de financement (fonds d'infrastructure, fonds propres, capitaux étrangers, etc.)
- ❖ Calcul des économies et des revenus dans le cadre du calcul de la rentabilité

Conditions techniques générales/ liste de contrôle 5

Étude de projet 3

Planification technique

- ❖ Vérifier le mandat de planification si le savoir-faire technique n'est pas disponible.
- ❖ Choisir un système de montage adapté à la surface de montage en tenant compte de la statique. >>> Le choix est infini
- ❖ Créer un layout de toit et déterminer la taille des modules
- ❖ Définition et choix du système de chute pour la construction et l'exploitation. >> Conception d'un concept de maintenance
- ❖ Choix des modules PV, verre/verre, film laminé, cadre, rendement, biface, sans cadre, réflexion, protection contre la grêle, couleur, demi-cellules, garantie de puissance, durabilité, Cette liste n'est pas exhaustive et doit être très bien étudiée et choisie en fonction du projet.
- ❖ Elaboration d'un concept de protection contre la foudre et les surtensions
- ❖ Concept de câblage DC/ AC Disposition et nombre d'onduleurs > Existe-t-il des situations d'ombrage particulières ? > Nombre de trackers MPP ?
- ❖ Choix du ou des onduleurs, le cas échéant, onduleurs hybrides.
- ❖ Si la solution requiert un stockage selon le calcul de rentabilité Disposition et choix de la solution de stockage
- ❖ Le cas échéant, définition ou intégration de l'infrastructure de recharge. >> Compatibilité onduleur ou solution de stockage
- ❖ Optimisation technique de l'autoconsommation >> Adapter la consommation à la production d'énergie > chambres froides, production d'eau chaude, CVC, etc.
- ❖ Définir une solution de monitoring / télésurveillance. Une solution de monitoring est-elle déjà en place ?

Conditions techniques générales / Liste de contrôle 6

Exécution

- ❖ Contrôle de l'accessibilité pour les travaux de montage (p. ex. capacité de charge du toit, surface libre, installation)
- ❖ Vérification du déroulement des travaux / synergies ou conflits avec d'autres corps de métier
- ❖ Préparer le lieu d'installation / livraison et sécurisation du matériel d'installation
- ❖ Monter des échafaudages et des installations de sécurité >> [SUVA Merblatt](#)
- ❖ Examen des conditions météorologiques 5 Prévisions journalières
- ❖ Préparation du fond de montage
- ❖ Installation Système de montage
- ❖ Montage du module Branchement des connexions DC
- ❖ Contrôle de la sécurité électrique (par ex. résistance d'isolement, mise à la terre, mesures de protection)
- ❖ Mise en service de l'installation / contrôle de plausibilité du rendement de production (comparaison des valeurs de consigne et réelles) sur 7 jours avec au moins un jour d'ensoleillement
- ❖ Opérations de clôture Toit en cas de contrôle réussi de l'installation
- ❖ Réception et élimination des défauts
- ❖ Démolition Aides au montage et échafaudage

Conditions techniques générales / Liste de contrôle 7

Exploitation

- **Surveillance des systèmes d'installation**
 - ❖ utilisation de systèmes de surveillance pour contrôler les performances et le fonctionnement
 - ❖ Analyse des données de performance pour une détection précoce des erreurs ou des pertes de performance
- **Entretien courant**
 - ❖ Intervalles de maintenance réguliers (inspection des modules, nettoyage si nécessaire, contrôle de l'onduleur)
 - ❖ Vérification du câblage et de la sécurité électrique
 - ❖ Réajustements techniques en cas de besoin (par ex. mises à jour du micrologiciel de l'onduleur)
- **Assurance**
 - ❖ Assurance de l'installation PV contre d'éventuels dommages (par ex. incendie, vol, vandalisme)
 - ❖ Assurance responsabilité civile en cas d'erreurs de fonctionnement ou de dommages
- **Documentation de l'ensemble de la planification et de la réalisation**
 - ❖ Rédaction d'un rapport final complet couvrant tous les aspects techniques et économiques
 - ❖ Mise à disposition de tous les certificats, normes, réceptions et rapports de contrôle pertinents
- **Documentation financière**
 - ❖ Documentation des coûts d'investissement, des coûts d'exploitation courants et des économies réalisées
 - ❖ Élaboration d'un plan financier pour le suivi de la rentabilité et de l'amortissement
- **Optimisation des performances**
 - ❖ Identification des possibilités d'augmenter l'efficacité de l'installation PV (par ex. par l'optimisation de logiciels ou des adaptations de matériel)
 - ❖ Prise en compte des extensions ou intégrations futures des technologies de stockage
- **Vérification régulière du système**
 - ❖ effectuer des contrôles réguliers pour s'assurer que l'installation continue à fournir les prestations souhaitées
 - ❖ Adaptation aux nouvelles exigences légales ou techniques (p. ex. nouveau tarif d'achat, intégration au réseau)

A photograph of a tram station at sunset. On the left, a tram is partially visible, its body covered by a large, semi-transparent red rectangular overlay. The text "Exemples de bonnes pratiques." is written in white on this red area. The tram has the number "3006" visible on its side. To the right is a modern tram stop with a glass and metal structure, featuring benches and a shelter. The sun is low on the horizon, creating long shadows and a warm orange glow. The tram tracks run parallel to the platform, and another tram is visible in the distance.

Exemples de bonnes
pratiques.

PV sur le toit du quai à Herisau (Markus Allenspach, SOB)

Exemple d'étude de réflexion

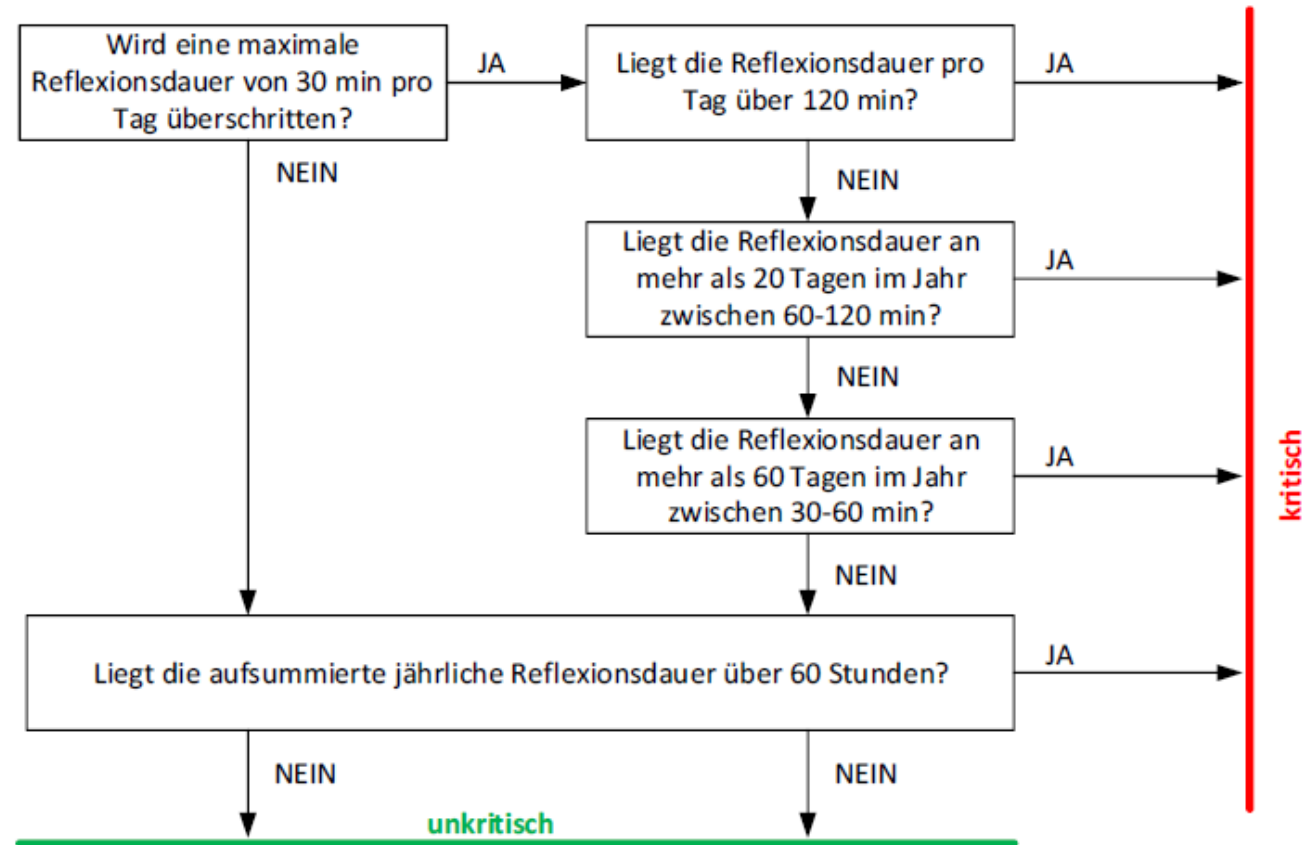


Abb. 5 Einschätzung Reflexionen nach dem Leitfaden für Solaranlagen von Swissolar

PV sur le toit de la plate-forme Variante surélevée à 90 degrés



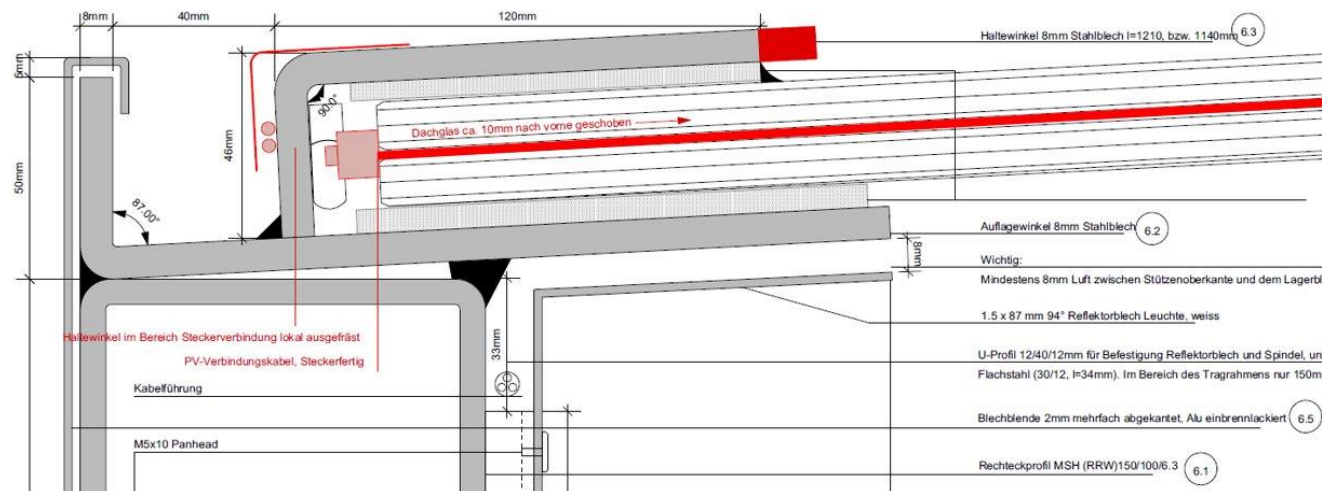
Installation photovoltaïque dans les abribus standard de la Basler Verkehrs-Betriebe (Rolf Frömcke, BVB)



Installation photovoltaïque dans les abribus standard de la Basler Verkehrs-Betriebe (Rolf Frömcke, BVB)

Informations générales

- Installation PV de 1.3kWp
- Installation des cellules solaires entre les vitres du toit
- Equipements techniques dans le socle de l'abribus



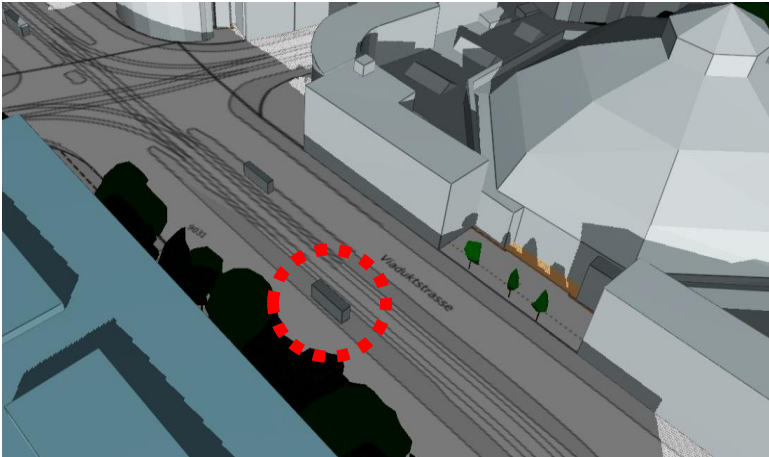
Installation photovoltaïque dans les abribus standard de la Basler Verkehrs-Betriebe (Rolf Frömcke, BVB)

Particularités

- Orientation des panneaux non-optimale (inclinaison de la surface du toit 3°).
- Ombrage conséquent pendant les mois d'hiver (octobre - mars)

Exemple: 1er décembre

10:00 heures



12:00 heures



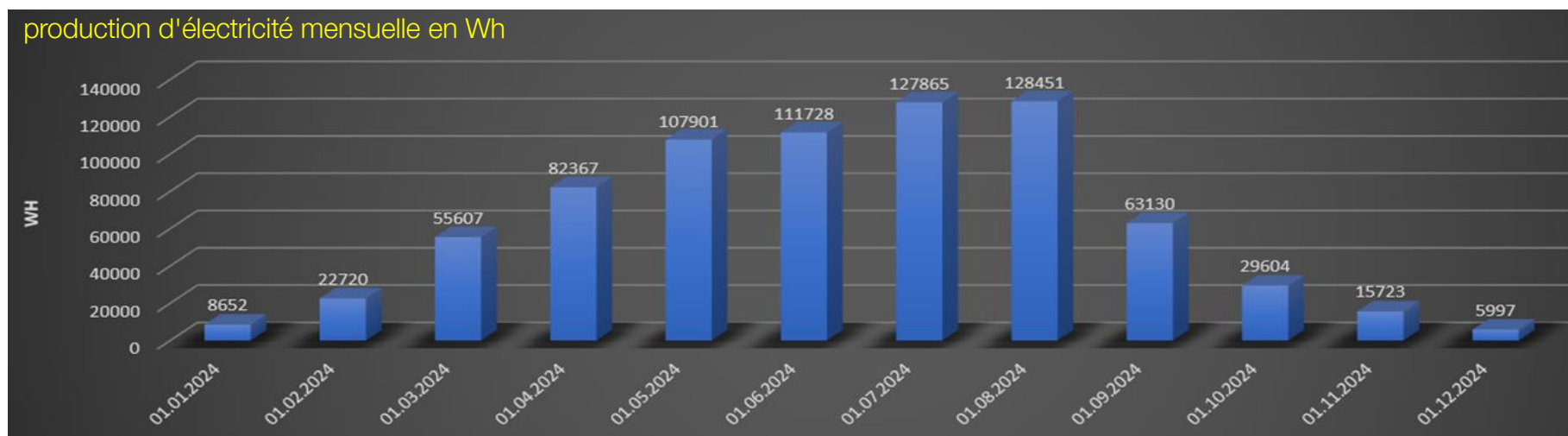
15:00 heures



Installation photovoltaïque dans les abribus standard de la Basler Verkehrs-Betriebe (Rolf Frömcke, BVB)

Rendement / coûts

- Rendement: 875 kWh par an
- Performance Ratio: 65%
- L'analyse des coûts totaux fait apparaître un déficit annuel d'environ 300 CHF



Installation photovoltaïque dans les abribus standard de la Basler Verkehrs-Betriebe (Rolf Frömcke, BVB)

Résultat

- Part des coûts d'investissement pour la construction spécifique des panneaux PV intégrées dans le toit beaucoup trop élevée
- L'installation ne peut pas être exploitée de manière rentable.



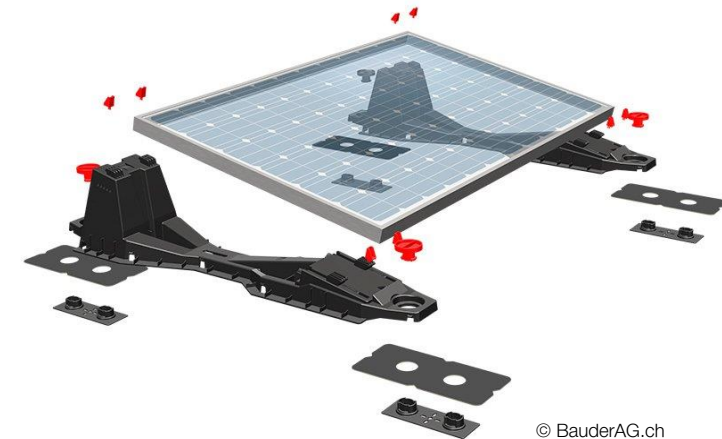
Toiture de quai PV avec support en plastique à Menznau (André Guidi, BLS)



Toiture de quai PV avec support en plastique à Menznau (André Guidi, BLS)

Informations générales

- Installation PV de 34.4kWp
- Onduleur situé dans le bâtiment technique à proximité du quai
- Réalisation avec une sous-construction en plastique (Entreprise Bauder)
 - Plaque de fondation soudée directement sur le toit en PVC
 - Installation avec des fermetures à baïonnette
 - Poids 5kg /pc., matériel Polypropylen (PP)
 - Installation Est / Ouest, angle d'inclinaison 12°
 - Installation et systèmes de garantie pris en charge par le couvreur



Toiture de quai PV avec support en plastique à Menznau (André Guidi, BLS)

Conditions générales

- Directive de la part du couvreur: la pose du toit ne doit pas dater de plus de 4 à 6 ans
- Durée de vie de la sous-construction: min. 30 ans
- Champ d'adaptation à proximité du courant de traction – Implication d'un spécialiste en courant de traction
- Lors de la construction, une barrière de sécurité est nécessaire à proximité de la ligne de contact (Garde de sûreté jusqu'à l'installation)
- Protection contre les chutes nécessaire (pour la construction et lors des contrôles)
- Mise à terre pas nécessaire car aucun élément conducteur présent sur le toit
- Contrôle des points de soudure 1x par an -> utilisation des synergies lors de l'inspection de sécurité antichute.

Toiture de quai PV avec support en plastique à Menznau (André Guidi, BLS)

Leçons apprises

- La construction et l'entretien d'un toit de quai sont un défi en soi!
- L'implication d'un spécialiste en courant de traction a été concluant
- Une collaboration entre l'isolateur et le couvreur est définie en tant que condition cadre
- Le toit doit être sec pour la soudure de la sous-construction
- Prévoir à l'avenir des passages de câbles plus larges lors de la construction de toiture de quai

Toiture de quai PV avec support en plastique à Menznau (André Guidi, BLS)



© Matthias Abplanalp, BLS



Atelier – World Café.

Thèmes du World Café



Prescriptions réglementaires et autorisation (Marcel Reinhard, CFF)



Financement et rentabilité (David Knechtli, CFF)



Technique, construction et exploitation
(André Guidi, BLS; Markus Allenspach, SOB; Michael Keller, CFF)

Conclusion

- Résumé des principales conclusions des stands
- Voulons-nous lancer un groupe spécialisé sur le photovoltaïque sur les toits de quai au sein du groupe de travail « Énergie durable » ?
 - Objectif : échange de connaissances (expériences, bases,...) et intensification de la collaboration pour le développement du photovoltaïque sur les toits des quais.
 - 2 réunions par an
 - Lieu : Berne et/ou Zurich; hybride
 - Organisation par Michael Keller (CFF) und André Guidi (BLS)



Merci beaucoup pour votre participation active à l'atelier.