



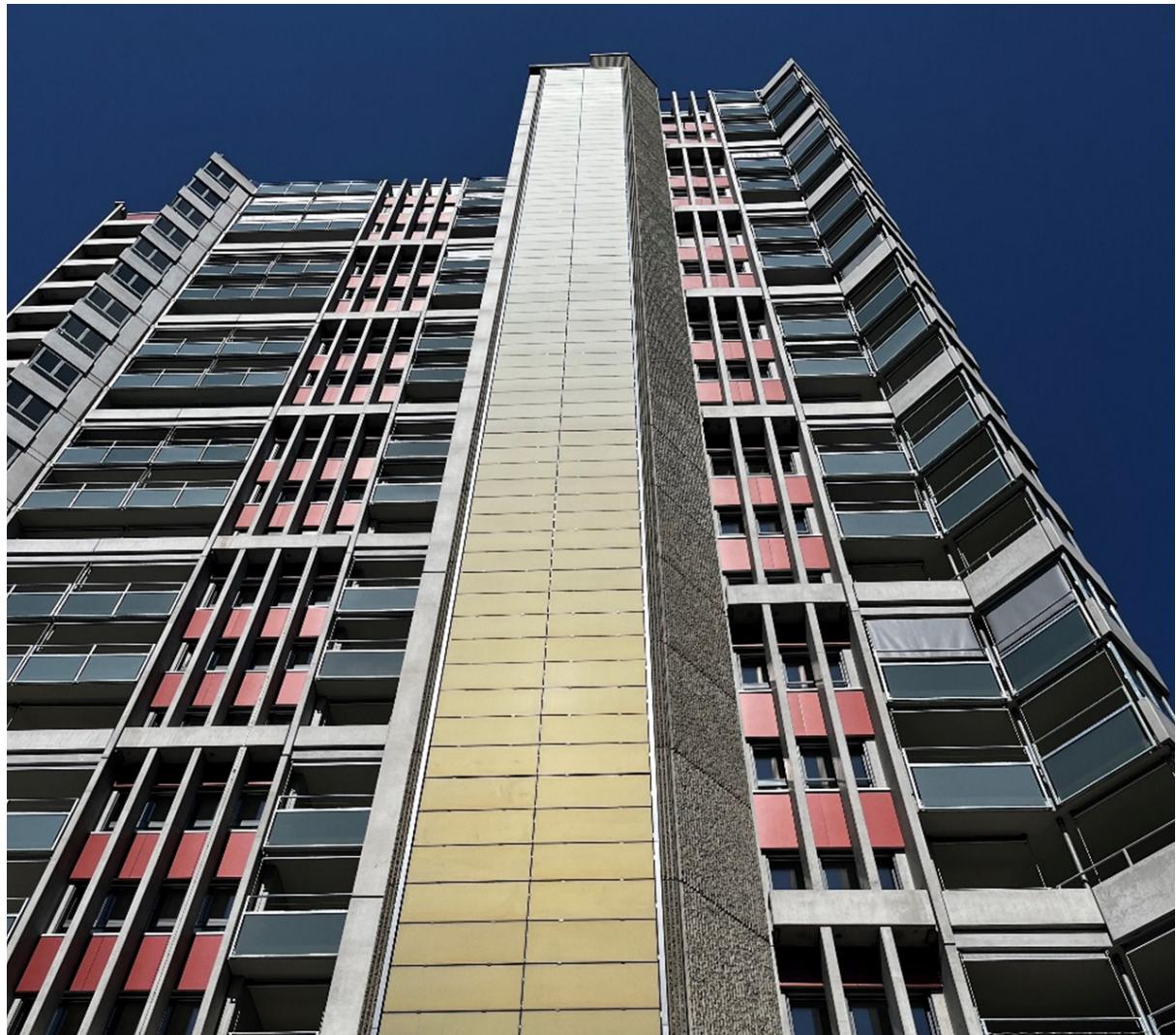
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung und Cleantech

Zwischenbericht vom 8. Oktober 2024

Holenacker 65+85

PV-Fassaden – Brandpräventions-Philosophie
an Hochhäusern (>30 m)



Quelle: Emch+Berger Revelio AG



Datum: 08.10.2024

Ort: Bern

Subventionsgeberin:

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung und Cleantech
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Ko-Finanzierung:

Bernische Gebäudeversicherung GVB
Theo Bühlmann
Papiermühlestrasse 130
3063 Ittigen
T.Buehlmann@gvb.ch

FAMBAU Genossenschaft
Alexander Schaller
Mühledorfstrasse 5
3018 Bern
schaller@fambau.ch

Subventionsempfänger/innen:

Dr. Schüpbach & Muntwyler GmbH (DSM)
Hopfenrain 7
3007 Bern
urs_muntwyler@gmx.ch

Hautle Anderegg & Partner AG
Obere Zollgasse 73
3072 Ostermundigen
urs.kaeser@ha-p.ch

Emch+Berger Revelio AG
Schlösslistrasse 23, Postfach
3001 Bern
Joerg.Rothenbuehler@emchberger.ch

CREnergie GmbH
Z.I. En Bovéry 52
1868 Collombey
christian.renken@crenergie.ch

Autor/in:

Urs Muntwyler, Dr. Schüpbach&Muntwyler GmbH, urs_muntwyler@gmx.ch

BFE-Projektbegleitung:

Karin Söderström, Karin.Soederstroem@bfe.admin.ch
Stefan Oberholzer, Stefan.Oberholzer@bfe.admin.ch

BFE-Vertragsnummer: SI/502496-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.



Zusammenfassung

Im Rahmen der «Energiestrategie 2050» und der nun aktuellen «Energiewende 2050» sind grosse Mengen an zusätzlicher PV-Produktion im Umfang von ca. 40 TWh (BFE/ BFH-TI) nötig. Das sind vor allem die Dächer, aber auch Fassaden. Fassaden haben den Vorteil, dass die Energieproduktion besser und anders über den Tag und das Jahr verteilt ist als bei Dachanlagen. Hohe PV-Fassaden über 30 m Höhe sind im Prinzip nicht bewilligungsfähig, da die PV-Module nicht der höchsten Brandpräventionsklasse RF1 (résistance du feu) entsprechen. Die Feuerwehr kann über 30 m nicht mehr operativ eingreifen. Gerade hohe PV-Fassaden haben aber grosse Flächen und wären daher besonders interessant. Um diese Herausforderung zu lösen, hat die Berner Gebäudeversicherung GVB den Auftrag an eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe gegeben, eine pragmatische Lösung zu erarbeiten. Diese Lösung sollte im Rahmen der Sanierung zweier 70 m hohen Gebäude der FAMBAU Genossenschaft in Bern-West demonstriert werden.

Ein Leitfaden für den Nachweis der Brandprävention für hohe PV-Fassaden (>30m) wurde in einer interdisziplinären Arbeitsgruppe erarbeitet. Der Entwurf des Leitfadens wurde 2023 an zwei Workshops mit gegen 100 Teilnehmern aus der Baubranche vorgestellt. Die technischen Details wurden in einer Exkursion zur PV-Fassade an der Sanierung des Hochhauses Holenacker 65 demonstriert. Der Leitfaden wurde, auch durch zusätzlichen Effort des GVB Brandpräventions-Teams fertiggestellt. Er wurde grafisch gestaltet und in einer französischen Version fertig gestellt. Ende 2023 hat Swissolar nach öffentlichem Druck ein «Übergangspapier» präsentiert, das auf dem GVB-Leitfaden basiert. Dieser wurde daraufhin zugunsten des «Swissolar-Übergangspapier» zurückgezogen. Swissolar will nun bis Ende 2024 ein «Stand der Technik» Papier erarbeiten.

Parallel zum Leitfaden wurde die PV-Fassade des Hochhauses Holenacker 65 fertiggestellt. Die Bandabnahme erfolgte am 23. August 2023. Das Gerüst von Holenacker 65 wurde abgebaut und am 2. Hochhaus Holenacker 85 wieder aufgebaut. Dort wird 2024/2025 die 2. PV-Fassade erstellt. Dabei werden die Erfahrungen der ersten Fassade berücksichtigt. Der Fokus liegt nun auf dem «Monitorings und des Services von hohen PV-Fassaden. Dabei werden verschiedene Überwachungsmethoden am Holenacker 65 eingesetzt. Am 13. August 2024 erfolgte das Monitoring mit einer Drohne und einer IR-Kamera.

Die Mitglieder der Arbeitsgruppe sind an verschiedenen Veranstaltungen zum Thema aktiv. Es gibt bei den PV-Fassaden einen grossen Nachholbedarf oder positiv ausgedrückt ein grosses Zukunfts-potential. Dieses zu heben, ist allerdings nicht nur eine Frage des gelösten Brandschutzes.

Résumé

Dans le cadre de la « Stratégie énergétique 2050 » et de l'actuelle « Transition énergétique 2050 », de grandes quantités de production photovoltaïque supplémentaire s'élèvent à environ 40 TWh (BFE/ BFH-TI) sont nécessaires. Il s'agit principalement des toitures, mais aussi des façades. Les façades ont l'avantage d'être mieux réparties la production d'énergie sur la journée et l'année qu'avec les systèmes de toiture. En principe, les façades photovoltaïques de plus de 30 m de haut ne sont pas éligibles à l'homologation car les modules photovoltaïques ne sont pas conformes à la classe de prévention incendie la plus élevée RF1 (résistance du feu). Les pompiers ne peuvent plus intervenir opérationnellement au-dessus de 30 m. Cependant, les façades photovoltaïques hautes en particulier ont de grandes surfaces et seraient donc particulièrement intéressantes. Afin de relever ce défi, la compagnie d'assurance bâtiment bernoise GVB a chargé un groupe de travail interdisciplinaire d'élaborer une solution pragmatique. Cette solution devait être démontrée dans le cadre de la rénovation de deux bâtiments de 70 m de haut de la coopérative FAMBAU à Berne-Ouest.

Une directive pour la preuve de la prévention des incendies pour les façades photovoltaïques de grande hauteur (>30 m) a été élaborée par un groupe de travail interdisciplinaire. L'ébauche du guide a été présentée lors de deux ateliers en 2023 avec environ 100 participants du secteur de la construction.



Les détails techniques ont été démontrés lors d'une excursion sur la façade photovoltaïque lors de la rénovation de l'immeuble de grande hauteur Holenacker 65. La directive a été complétée, également grâce aux efforts supplémentaires de l'équipe de prévention des incendies de GVB. Il a été conçu graphiquement et fini dans une version française. Fin 2023, suite à la pression publique, Swissolar a présenté un « document de transition » basé sur les directives GVB. Celui-ci a ensuite été retiré au profit du « document de transition Swissolar ». D'ici la fin de l'année 2024, Swissolar souhaite développer un article « à la pointe de la technologie ».

Parallèlement aux directives, la façade photovoltaïque de l'immeuble de grande hauteur Holenacker 65 a été achevée. L'acceptation de la bande a eu lieu le 23 août 2023. L'échafaudage de Holenacker 65 a été démonté et reconstruit au 2ème gratte-ciel Holenacker 85. La 2ème façade photovoltaïque y sera construite en 2024/2025. L'accent est désormais mis sur la « surveillance et l'entretien des façades à haute densité photovoltaïque. Différentes méthodes de surveillance sont utilisées à Holenacker 65. Le 13 août 2024, un suivi a été effectué avec un drone et une caméra IR.

Les membres du groupe de travail participent activement à divers événements sur le sujet. Il y a beaucoup de rattrapage à faire avec les façades photovoltaïques ou, pour le dire positivement, un grand potentiel pour l'avenir. Cependant, soulever cette question n'est pas seulement une question de protection contre l'incendie.

Summary

As part of the "Energy Strategy 2050" and the current "Energy Transition 2050", large quantities of additional PV production amounting to approx. 40 TWh (BFE/ BFH-TI) are required. These are mainly the roofs, but also facades. Facades have the advantage that energy production is better and differently distributed over the day and year than with rooftop systems. In principle, high PV facades over 30 m high are not eligible for approval because the PV modules do not comply with the highest fire prevention class RF1 (résistance du feu). The fire brigade can no longer intervene operationally above 30 m. However, tall PV facades have large areas and would therefore be particularly interesting. To solve this challenge, the Bernese building insurance company GVB has commissioned an interdisciplinary working group to develop a pragmatic solution. This solution was to be demonstrated as part of the renovation of two 70 m high buildings of the FAMBAU cooperative in Bern-West.

A guideline for the proof of fire prevention for high PV facades (>30m) was developed in an interdisciplinary working group. The draft of the guide was presented at two workshops in 2023 with around 100 participants from the construction industry. The technical details were demonstrated in an excursion to the PV façade at the renovation of the high-rise building Holenacker 65. The guideline was completed, also thanks to the additional effort of the GVB fire prevention team. It was graphically designed and finished in a French version. At the end of 2023, following public pressure, Swissolar presented a "transition paper" based on the GVB guidelines. This was then withdrawn in favour of the "Swissolar transition paper". Swissolar now wants to develop a "state of the art" paper.

Parallel to the guidelines, the PV façade of the Holenacker 65 high-rise building was completed. The tape acceptance took place on August 23, 2023. The scaffolding of Holenacker 65 was dismantled and rebuilt at the 2nd high-rise Holenacker 85. The 2nd PV façade will be built there in 2024/2025. The focus is now on the "monitoring and service of high PV façades. Various monitoring methods are used at Holenacker 65. On August 13, 2024, monitoring was carried out with a drone and an IR camera.

The members of the working group are active in various events on the topic. This is intended to increase confidence in the feasibility of PV facades. There is a lot of catching up to do with PV façades or, to put it positively, great potential for the future. However, raising this is not only a question of solved fire protection.



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Résumé	3
Summary	4
Inhaltsverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	6
1 Einleitung	7
1.1 Ausgangslage und Hintergrund.....	7
1.2 Motivation des Projektes	7
1.3 Projektziele	7
2 Anlagenbeschrieb	8
3 Vorgehen und Methode	10
3.1 Verfahren zur Bewilligung.....	10
3.2 Einteilung der Gebäude in drei Systemkategorien	10
3.3 Nachweisverfahren	11
4 Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse	11
4.1 Leitfaden	11
4.2 Bau der Photovoltaik-Fassaden Holenacker 65	12
4.3 Bau der Photovoltaik-Fassaden Holenacker 85	12
4.4 Wartung und Unterhalt	12
4.4.1 Grundlageninformation	12
4.4.2 Monitoring und Anlagencheck Holenacker 65 + 85.....	15
4.4.3 IR Analyse-Holenacker 65	16
4.5 Zusätzlich neue PV-Fassaden.....	17
5 Bewertung der bisherigen Ergebnisse	17
6 Weiteres Vorgehen	18
7 Nationale und internationale Zusammenarbeit	18
8 Kommunikation	19
9 Publikationen	19



Abkürzungsverzeichnis

GVB	Gebäudeversicherung Kanton Bern
BFE	Bundesamt für Energie
PV	Photovoltaik



1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Hintergrund

Im Rahmen der «Energiestrategie 2050» des Bundes und der «Dekarbonisierung» sind zusätzliche Stromproduzenten aus neuen erneuerbaren Energien nötig. Dies wird zum Grossteil, im Bereich von 40 TWh, Strom aus Photovoltaik (PV) Anlagen sein. Diese PV-Anlagen werden primär auf Dächern und Infrastrukturen installiert. PV-Fassaden könnten 10-40% (BFE: Potential Fassaden) dieser Stromproduktion erreichen. Davon ist der Markt weit entfernt. Die realisierten PV-Fassaden in der Schweiz stiegen von 118 PV-Fassaden im Jahr 2021 (0,6% der installierten PV-Leistung), auf 156 PV-Fassaden mit 4 MWp (0,36% der PV-Leistung) im Jahr 2022 und auf 661 Fassaden mit 8 MWp im Jahr 2023. Im ersten Quartal 2024 waren es bereits 484 PV-Fassaden mit 6,7 MWp.

Die Gebäudeversicherung Bern GVB und die Baugenossenschaft FAMBAU haben sich deshalb zur Aufgabe gemacht, hier einen Schritt weiterzukommen. Mit dem Leitfaden der GVB und nun dem »Übergangspapier« von Swissolar ist die Realisation von PV-Fassaden und insbesondere Fassaden über 30 m einfacher, aber immer noch sehr anspruchsvoll. Das von «Swissolar» auf Ende 2024 versprochene «Stand der Technik»-Papier wird dies weiter vereinfachen. Die Erstellung des Leitfadens für hohe PV-Fassaden wird vom Bundesamt für Energie BFE im Rahmen eines P- und D-Projektes unterstützt. Das Projekt setzt nun die Erkenntnisse in weiteren hohen PV-Fassaden, vor allem der Holenackerstrasse 85 der FAMBAU um. Dabei ist ein Schwerpunkt die einfache Überwachung das Monitoring solcher Fassaden über Jahrzehnte.

1.2 Motivation des Projektes

Die GVB hat einen Leitfaden initiiert, mit dem die Realisation von hohen PV-Fassaden auf über 30 m hohen Gebäuden aufgezeigt wird. Dies aufgrund eines Projektes der FAMBAU Genossenschaft mit zwei Gebäuden im Westen von Bern. Dabei geht es primär um Massnahmen, mit denen die Erreichung von Schutzz Zielen zur Brandprävention erreicht werden können.

1.3 Projektziele

Der Leitfaden «Photovoltaikanlagen an Hochhausfassaden – Leitfaden Brandschutznachweis» soll helfen, Projekte mit PV an Fassaden an über 30 m hohen Gebäuden den Weg zur Bewilligung und Realisation zu erleichtern. Die hier entwickelten Überlegungen und Verfahren dürften sinngemäss bei PV-Fassaden aller Art nützlich sein. Grundsätzlich werden in diesem Dokument Lösungsansätze für Hochhäuser (>30.0 m) im Bestand und bei Neubau beschrieben und erklärt. Diese PV-Fassaden bedingen eine Bewilligung durch die kantonale Gebäudeversicherung. Sie sind technisch heikel, weil die Feuerwehr einen Brand an der Fassade aufgrund der Höhe nicht erreichen kann.

Mit der durch den Druck weiterer Gebäudeversicherungen (u.a. Zürich) erreichten Dynamik hat sich im Jahr 2023 im Bereich der PV-Fassaden viel ereignet. Das primäre Ziel des Projektes einen Leitfaden für die Erstellung hoher PV-Fassaden wurde erreicht. Die technischen Inhalte des Leitfadens wurden zuerst am Gebäude Holenacker 65 im Jahr 2023/2024 implementiert. Im Gebäude Holenacker 85 werden 2024/2025 weitere Optimierungen realisiert. Damit wird der Inhalt des Leitfadens auch gleich erstmals realisiert und demonstriert.



2 Anlagenbeschrieb

Parallel zur Erstellung des Leitfadens saniert die FAMBAU Bern zwei rund 70 m hohen Hochhäuser in Bern West. Das Gebäude Holenacker 65 wird 2023/ 2024 saniert und das Gebäude Holenacker 85 wird 2024/ 2025 saniert. Bei beide Gebäuden werden PV-Fassaden installiert, die technisch die Vorgaben des Leitfadens erfüllen. Das gestaffelt Vorgehen erlaubt es, «lessons learned» in der 2. Fassaden vorzunehmen. Die Ausschreibung dazu läuft.

Es war zu erwarten, dass Unternehmer versuchen mit geeigneten Produkten die Realisation von PV-Fassaden an hohen Hochhäusern zu vereinfachen. Brandversuche von Komponenten und ganzen PV-Fassaden sind dazu geeignete Verfahren.

Nach dem Bau der PV-Fassaden folgt die Betriebsphase. Dazu wollen wir einfache Überwachungskonzepte untersuchen, die den Zustand der PV-Fassaden über Jahrzehnte sichern.

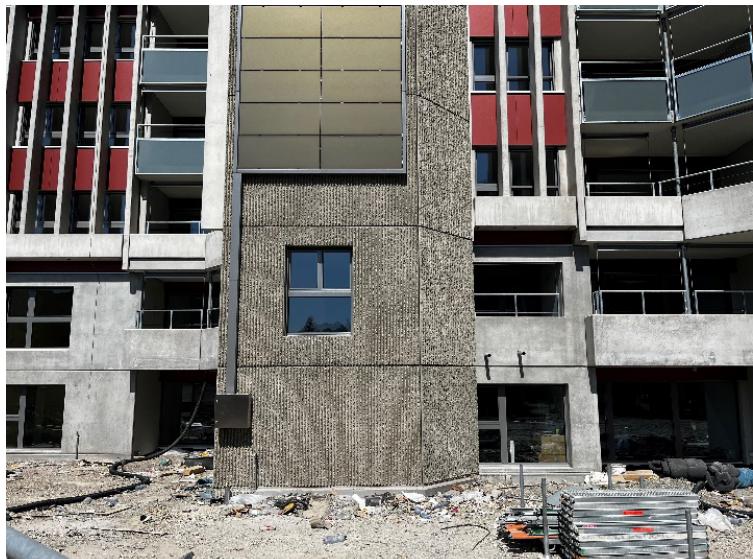


Abbildung 1: Eine der drei 70 m hohen PV-Fassaden des Gebäudes Holenacker 65 (links) – Kabel in Metallkanal mit Feldverteilkasten im Sockelbereich



Abbildung 2: Rückseitige Montagekonstruktion mit geklebten PV-Modulen vorgefertigt auf Baustelle (links) – Potentialausgleich in der Montagekonstruktion (rechts)



Abbildung 3: Abschottung des vertikalen Kabelkanals: Austritt aus dem Kanal (links) – Abschottung mit Isolationsmaterial im Kanal (rechts).

Die im Leitfaden erwähnten Massnahmen zur Unterbindung der Hinterlüftung sind im Gebäude Holenacker 65 alle ausgeführt worden. Damit werden die geforderten Massnahmen zuhanden des Nachweises (Leitfaden) erfüllt.

Weitere Spezifikationen zum Objekt Holenacker 65:

- Generatorleistung: 86.40 kWp
- Progn. Ertrag: 46'980 kWh/a
- Solarmodul: 640 Stk. AVANCIS 3001 Bronze 135 Wp
- Wechselrichter: 2 Stk. Huawei SUN 2000-40KTL-M3



3 Vorgehen und Methode

3.1 Verfahren zur Bewilligung

Der Leitfaden beschreibt die Abläufe im Planungsverfahren, das dann in das Bewilligungsverfahren bei der Kantonalen Gebäudeversicherung Bern GVB mündet. Sie ist die Bewilligungsbehörde für PV-Fassaden über 30 m im Kanton Bern.

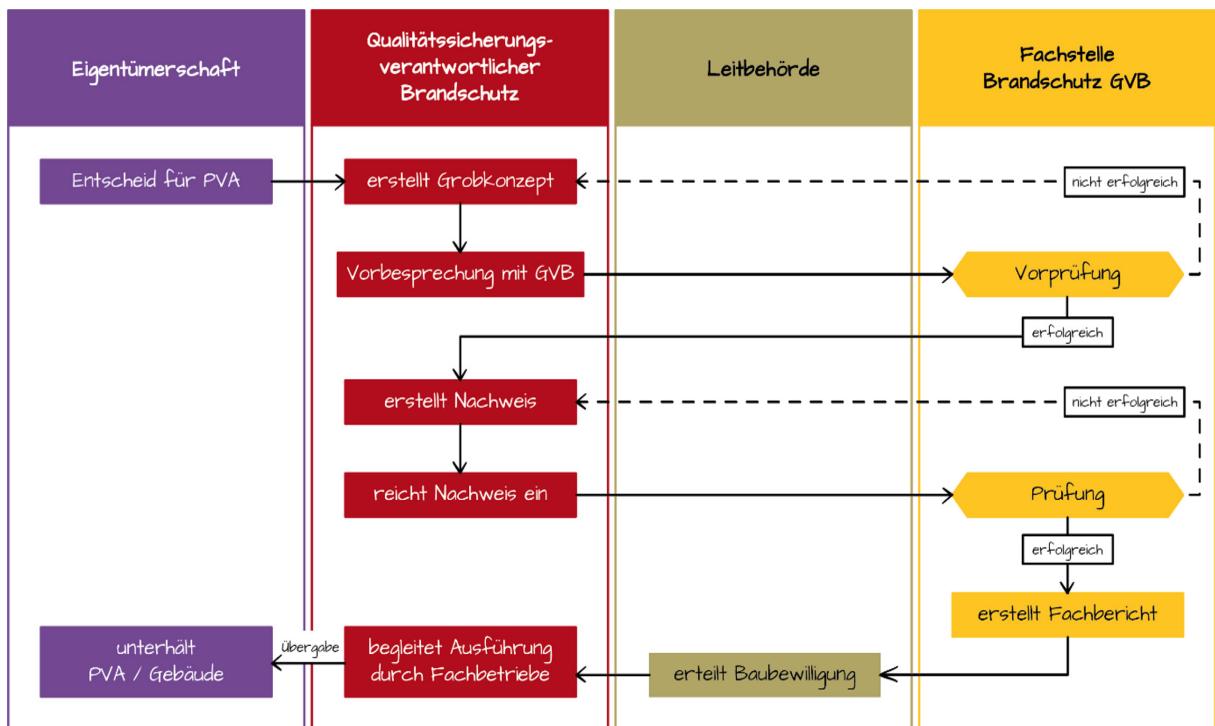


Abbildung 4: Klare Abläufe sollen den Aufwand für alle Beteiligten minimal halten (aus Leitfaden). Sind die Massnahmen bewilligt, so wird im Rahmen des Vollzugs die Beurteilung der Plausibilität der Konzepte und der Nachweise überprüft. Diese werden dann von der Gebäudeversicherung am Gewerk abgenommen.

3.2 Einteilung der Gebäude in drei Systemkategorien

Zentral bei der Planung und Bewilligung ist eine Einteilung der Gebäude in Kategorien. PV-Fassaden werden im Rahmen des Leitfadens in Abhängigkeit der Nutzung der Gebäude, Ausführung und Materialisierung und der Außenwandkonstruktion in drei Systemkategorien eingeteilt:

- Systemkategorie 1: argumentativer Nachweis möglich. Dies sind Gebäude mit Feuerwiderstand in der Fassade, Löschanlagenkonzept oder Fensterbändern von mindestens 1,3 m Höhe und einer Vielzahl von Massnahmen technischer Art.
- Systemkategorie 2: Nachweis nur mit Brandversuch oder rechnerischer Nachweis (Simulation). In diese Kategorie fallen Anlagen, die die Systemkategorie 1 nicht erfüllen und das Brandschutzkonzept des Hochhauses keine relevanten Abweichungen von den VKF - Brandschutzvorschriften aufweist.
- Systemkategorie 3: Nachweis ausgeschlossen. In diese Systemkategorie fallen Beherbergungsbetriebe, Außenwänden von vertikalen Fluchtwegen mit Fenstern ohne Feuerwiderstand.



Der Nachweis der Erreichung der Schutzmassnahmen wird im Nachweisebericht festgehalten. Diesen benötigt die Fachstelle Brandschutz der GVB zur Beurteilung der Gleichwertigkeit der Schutzziel-erreichtung.

3.3 Nachweisverfahren

Der Leitfaden adressiert nur PV-Fassaden über 30 m. Er beschreibt ein Nachweisverfahren, das ausgehend von den Schutzz Zielen, den Anforderungen an die Brandschutzvorschriften. Da PV-Module die Anforderung der Brandverhaltensgruppe RF 1 (résistance du feu) nicht erfüllen, müssen Massnahmen getroffen werden, die im Sinne von VKF-BSN Art. 12 ein gleichwertiges Sicherheitsniveau erfüllen. Aufgrund des Nachweisverfahrens sind PV-Fassaden bei der GVB der Qualitätssicherungsstufe 3 zugeordnet.

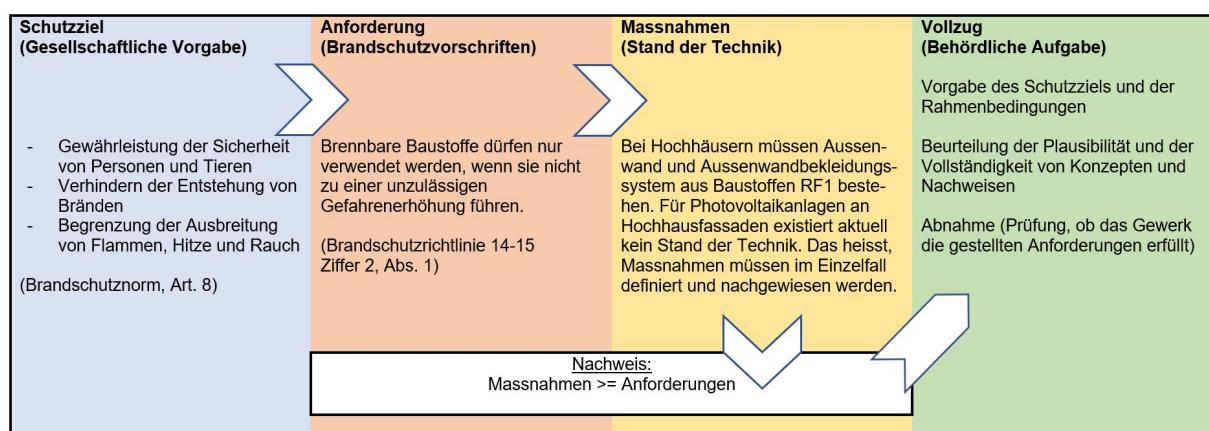


Abbildung 5: Beschreibung des Nachweisverfahrens für hohe PV-Fassaden (aus Leitfaden GVB)

Sind die Massnahmen bewilligt, so wird im Rahmen des Vollzugs die Beurteilung der Plausibilität der Konzepte und der Nachweise überprüft. Diese werden dann von der Gebäudeversicherung am Gewerk abgenommen. Dieses Nachweisverfahren wird auch für nach dem «Übergangspapier» von Swissolar gebaute Fassaden angewandt.

4 Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

4.1 Leitfaden

Ein Leitfaden für die Bewilligung von hohen PV-Fassaden (>30 m) wurde erstmals erarbeitet. Im Rahmen eines sehr gut besuchten Workshops mit Baustellenbesuch wurde das Feedback der Bau- und Brandpräventions- und Versicherungsbranche eingeholt. Verschiedene Verbände schickten ihre Vertreter. Der Leitfaden wurde dann in seine endgültige Form gebracht und auf Französisch übersetzt. Das grosse öffentliche Interesse an der Thematik der PV-Fassaden und deren Brandprävention in der ganzen Schweiz führte zu zusätzlichen Diskussionen und Sitzungen. Der Leitfaden der GVB ist deshalb bereits vom «Übergangspapier» von Swissolar abgelöst. Damit hat die GVB die Betreuung des Themas an «Swissolar» abgetreten. Swissolar will nun ein «Stand der Technik»-Papier bis Enden 2024 erarbeiten. Dieses terminliche Ziel sehen wir als sehr ambitioniert an.



4.2 Bau der Photovoltaik-Fassaden Holenacker 65

Die PV Fassade Holenacker 65 wurde gebaut und elektrisch in Betrieb genommen. Abnahmedaten der Anlage Holenacker 65:

- 19.03.2024 Inbetriebnahme und Unabhängige Kontrolle der Anlage (Sanierung der Einstellhalle hat den Blitzschutz sehr lange verzögert)
- 27.06.2024 Abnahme der Anlage (Teil der Dokumentation fehlt noch, sollte Ende Juli eintreffen)
- Abnahme Brandschutz mit GVB wird 30. August 2024 erfolgen
- Termine für Droneneinsatz «Monitoring» festgelegt im August 2024 (rechtliche Aspekte abgeklärt)
- Drohnenmonitoring wurde am Dienstag, 13. August 2024 erfolgreich durchgeführt
- Wartungs- und Unterhalkonzept
- Brandabnahme Holenacker 65 23. August 2024

4.3 Bau der Photovoltaik-Fassaden Holenacker 85

Anhand der intensiven Erarbeitung des Leitfadens, aus dem ersten Objekt Holenacker 65, konnten die Erkenntnisse und Erfahrungen beim zweiten Objekt Holenacker 85 gewinnbringend eingebracht werden. Bereits während der Realisierung am Holenacker 65 konnten kleinere Spezifikationen bei der Montagestruktur vorgenommen werden, welche die Montage vereinfachen.

Für die Realisierung am Holenacker 85 ist der Planungsaufwand um rund 50% reduziert worden.

Die Vergabeverhandlungen für die PV-Anlage wurden Ende Juni durchgeführt. Entschieden wurde, dass keine Änderung an der Ausführung des Generatorfeldes erfolgen. In Diskussion war, dass der Kabelkanal entfällt und die Kabelführung hinter dem Generatorfeld erfolgen könnte mit Hilfe von Brandboxen in der horizontalen Trennung des Generatorfeldes. Aufgrund der vorgesetztenen Zeit, Bauende November 24, wird ein Teil des Gerüsts (Attika) demontiert und diese Version nicht weiterverfolgt, da das OK der GVB nicht vorliegt für die Brandboxen.

Ziel ist es die PV-Anlage bis November 24 so weit installiert zu haben, dass ab Ende November das Gerüst in ca. 3 Demontageschritten entfernt werden kann. Die restliche DC-Installation kann erst nach Demontage des gesamten Gerüsts erfolgen.

4.4 Wartung und Unterhalt

4.4.1 Grundlageninformation

Photovoltaikanlagen werden mit einem Monitoringsystem kontinuierlich überwacht. Spannung, Strom, Leistung und Energieertrag werden laufend erfasst und dokumentiert. Weitere Parameter wie die Temperatur sind optional.

In der Anlagendokumentation muss der Eigentümerschaft einfach und verständlich aufgezeigt werden, bei welchen Ereignissen (z. B. bei Verfärbungen von Modulen, Abweichungen von Sollwerten oder automatischen Abschaltungen) welche Massnahmen einzuleiten sind. Diese können von der Information einer Fachperson zur weiteren Beurteilung bis hin zur sofortigen Abschaltung der gesamten Anlage reichen.

Fehler- und Störungsmeldungen müssen direkt an eine Fachperson zur Beurteilung übermittelt und dokumentiert werden.



Unter dem Punkt 4.6.2 Monitoring und Anlagencheck Holenacker 65 + 85 sind die einzelnen Punkte aufgeführt, welche Massnahmen am Standort erstellt, gemäss Anlagendokumentation Kapitel Unterhaltskonzept, werden.

Intermittierende Überwachung

Die Definition einer regelmässigen vor Ort Prüfung, ist nicht normiert und wird in Absprache mit dem Kunden und der Empfehlung des Auftragnehmers festgelegt. Bei Fassadenanlagen, welche zum jetzigen Zeitpunkt einer genaueren Betrachtung und Verhalten erfordert, werden die Anlagen am Holenacker 65 und 85 intensiver geprüft. In der Regel überprüft eine Fachperson die Photovoltaikanlage mindestens alle zwei Jahre. Folgende Massnahmen werden dabei durchgeführt:

- Optische Kontrolle der Photovoltaikmodule
- Optische Kontrolle der Unterkonstruktion (mindestens stichprobenartig)
- Vergleich der Strom- und Spannungswerte von einzelnen Modulen, Strings und der gesamten Anlage mit den Soll-Werten aus den Datenblättern und den letzten Messungen
- Isolationsmessung
- Thermographie-Aufnahmen
- Kennlinienmessungen

Die Verordnung über elektrische Niederspannungsinstallationen (NIV) legt abhängig der Gebäudekategorie fest, wie häufig die elektrische Anlage von einem unabhängigen Kontrollorgan oder einer akkreditierten Inspektionsstelle geprüft werden muss.

Kennlinien-Messungen

Kennlinienmessungen sind dann anzuwenden, wenn die Performance der PV-Anlage nicht mehr stimmt und die jährliche Produktion abnimmt. Die Ursache hierzu kann an diversen Umständen zu suchen sein. PID (potentialinduzierte Degradation) ist ein Produktfehler am Solarmodul und ist beim Hersteller als Mangel anzumelden. Auch defekte Dioden sind mit dieser Methode messbar, werden jedoch auch mit Thermographie sichtbar. Verschmutzte Solarmodule oder durch Pflanzenbewuchs verschattete Solarmodule auf dem Dach sind weitere Indizien, welche zu schlechten Erträgen führen. Die regelmässige Reinigung hängt vom Standort und deren Umgebung statt und der Reinigungs-intervall ist situativ zu bestimmen. Auf den Holenacker 65 + 85 bezogen siehe unter dem Punkt 4.6.2 Monitoring und Anlagencheck Holenacker 65 + 85.

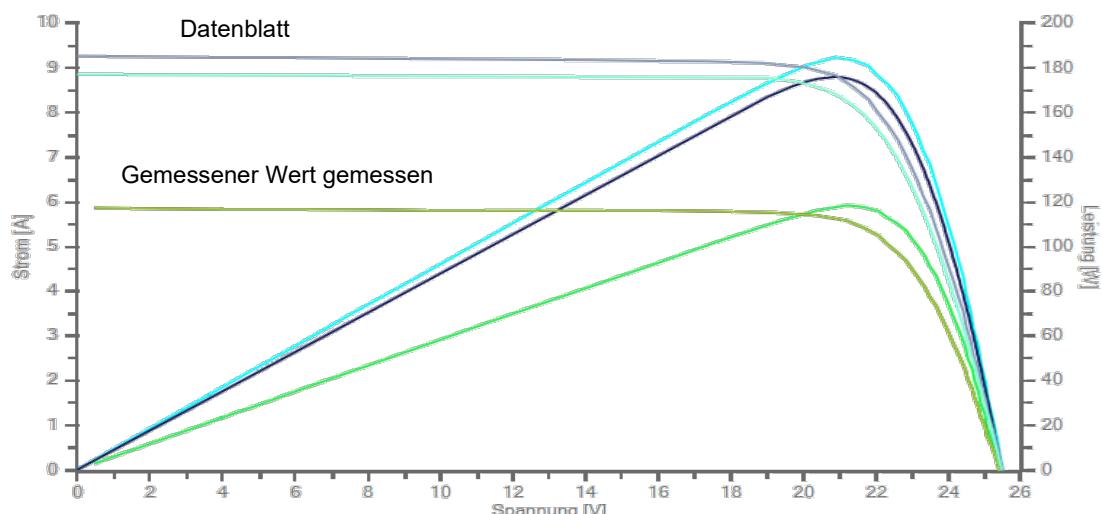


Abbildung 6: Kennlinien-Messung eines PV-Moduls mit Leistungsdegradation



Fallweise Überprüfung

Nach Unwettern wie Sturm und Hagel oder nach einem Erdbeben ist zu empfehlen, dass Photovoltaikanlage überprüft werden. Der Umfang der Überprüfung ist mit der zuständigen Fachperson abzustimmen. Die hier durchgeführte Expertise belaufen sich auf Thermographie und Elektrolumineszenz. Gerade bei der Elektrolumineszenz werden die Solarzellen wie bei einem Röntgenbild und die Zellstruktur auf Beschädigung sichtbar. Aus der Analyse wird festgelegt, welche Solarmodule ersetzt werden müssen oder je nach Schadensbild, umgehend vom Netz genommen werden.

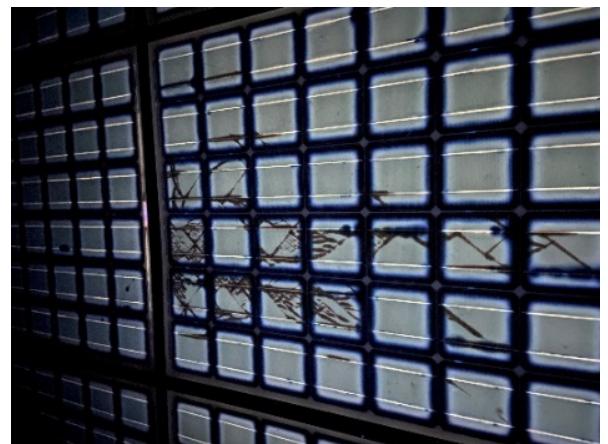
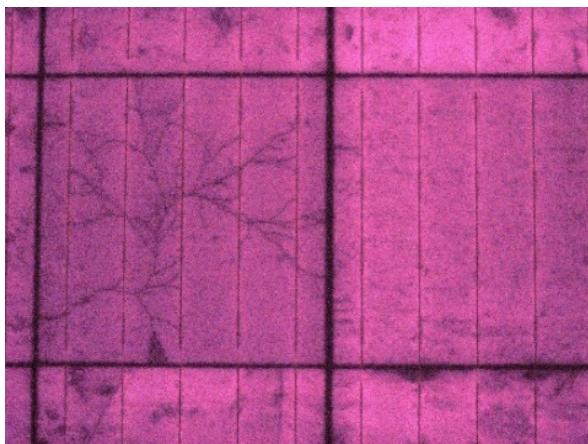


Abbildung 7: Elektrolumineszenz-Aufnahmen

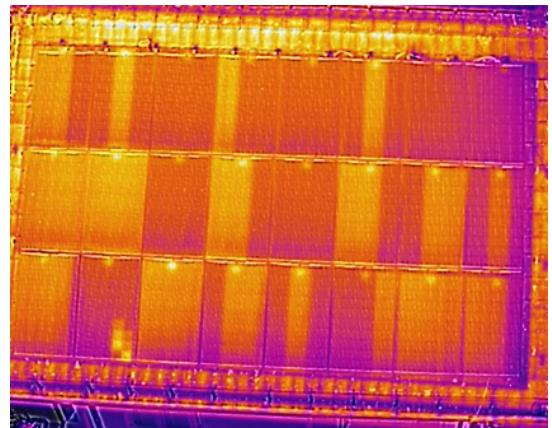
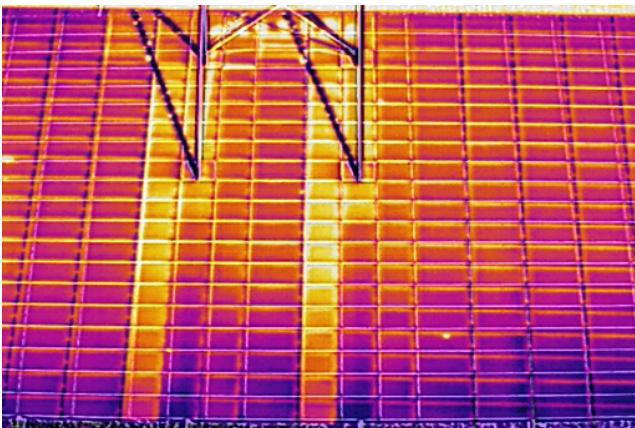


Abbildung 8: Bild einer Thermographie, bei welchem 2 Stränge nicht in Betrieb sind oder mit defekten Dioden und aufgezeichneten Ertragsminderung

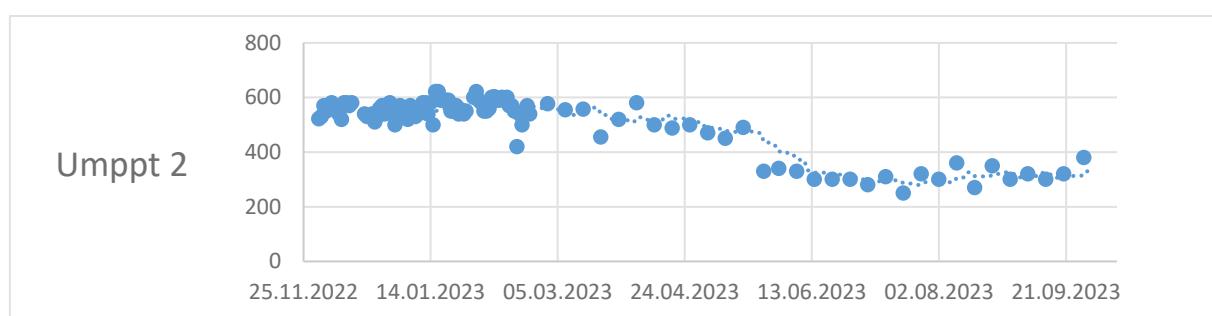


Abbildung 9: Aufgezeichnete Ertragsminderung



4.4.2 Monitoring und Anlagencheck Holenacker 65 + 85

Die Anforderungen an den Betrieb erstellt im Grundsatz der Ersteller oder das Planungsbüro. Als Pflicht wird lediglich eine örtliche Inspektion von alle 2 Jahre gefordert. Durch das, dass am Holenacker zwei Gebäude realisiert werden, welche als Pionier für PV-Fassaden mit einem ersten Leitfaden umgesetzt wurde, sind bereits im Vorfeld detaillierte Prüfungen auf Sichtung und Messung, festgelegt worden.

Die Anlage wird im Auftrag der FAMBAU durch die Emch+Berger Revelio AG überwacht und gewartet:

Täglich: Anlagenparameter werden erfasst und in einem Web-Basierten Portal ausgewertet: Bei einer zu hohen Abweichung der Tagesleistung gegenüber dem errechneten Soll-Wert, unter Berücksichtigung der Wetterdaten, wird eine Fehlermeldung erzeugt, welche durch einen Mitarbeiter ausgewertet wird. Die historischen Daten werden in einer Datenbank gespeichert und können für die Auswertung beigezogen werden.

Jährlich: Nicht alle Fehler werden online über das Monitoring angezeigt. Eine Sichtkontrolle vor Ort ist sodann ein Bestandteil, um den aktuellen Zustand der Anlage zu erhalten. Bei diesem Projekt erstellen wir die nachführenden Leistungen jährlich.

Sichtprüfung Generatorfeld, GAK's, Wechselrichter, Schutzeinrichtungen und Anlagenüberwachung

Alle zwei Jahre zusätzlich: Damit der Zustand der Anlage und deren Betriebssituation erkannt wird, um auch frühzeitige Störungen sichtbar werden, sind regelmässige Kontrollen unabdingbar. Mit dieser Massnahme kann ein unvorhergesehener Ausfall minimiert werden. Je nach Grösser der Anlage, werden alle Stränge gemessen oder wie die Anlagen im Holenacker durch Stichproben. Die Messungen werden protokolliert, um auch sicherzustellen, dass nicht die gleichen Stränge wiederholt geprüft werden.

Messprüfung:

- Isolationsmessungen der DC-Seite
- Spannungsmessung Uoc, Umpp
- Strommessung Isc, Impp

Alle 5 Jahre: Detaillierte Sichtkontrolle des Generatorfeldes mittels Drohne auf Sichtprüfung und Thermographie. Die Daten werden mit den vorherigen Aufnahmen verglichen, um Früherkennungen sicherzustellen.

Ev. Kennlinien-Messung: Sollten beim Monitoring sichtbar werden, dass die Ertragsleistungen mindern, wird eine Kennlinienmessung vorgeschlagen, um die Leistungsdaten des Generatorfeldes gegenüber dem Moduldatenblatt zu überprüfen. Aus dem Monitoring Portal können die entsprechenden Stränge evaluiert werden, um die Kennlinienmessung gezielt einzusetzen. Dabei können ganze Stränge gemessen werden und benötigt nicht eine Einzelmessung der Solarmodule, was bei einem Hochhaus entsprechend nicht ohne hohen Aufwand umsetzbar ist.

Erste Ertragsdaten aus dem online Überwachungstool:

- März: 2.15 MWh
- April: 5.19 MWh
- Mai: 5.63 MWh
- Juni: 5.58 MWh
- Juli: 2.16 MWh

Was nicht erfasst wird, ist die Temperatur hinter der Fassade. Dies könnte interessante weitere Informationen ergeben. Wir schlagen deshalb vor, in der Fassade Holenacker 85 Temperaturfühler einzubauen. Diese können bei Bedarf ausgelesen werden. Dies könnte kostenneutral gemacht werden.



4.4.3 IR Analyse-Holenacker 65

Am 13. August hat die Firma Emch+Berger Revelio AG die Inspektion der PV Fassaden Holenacker 65 mittels Drohne mit IR-Sensor durchgeführt. Von der Projektleitung waren Urs Käser und Urs Muntwyler anwesend. Sie haben auch die mittlerweile durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt BAZL geforderte Arealüberwachung gemacht. Der Einsatz einer so grossen Drohne in bewohntem Gebiet erfordert eine Bewilligung und unterliegt vielfältigen u.a. sicherheitsrelevanten Einschränkungen. Der Drohnenpilot von Emch+Berger Revelio AG ist ein erfahrener Drohnenpilot.



Abbildung 10: IR-Drohnencrew (vor Holenacker 65) – IR-Drohne vor der Fassade – die PV Fassade Holenacker 65 besteht aus mehreren PV-Streifen, diese werden einzeln abgeflogen, was sehr effizient ist.

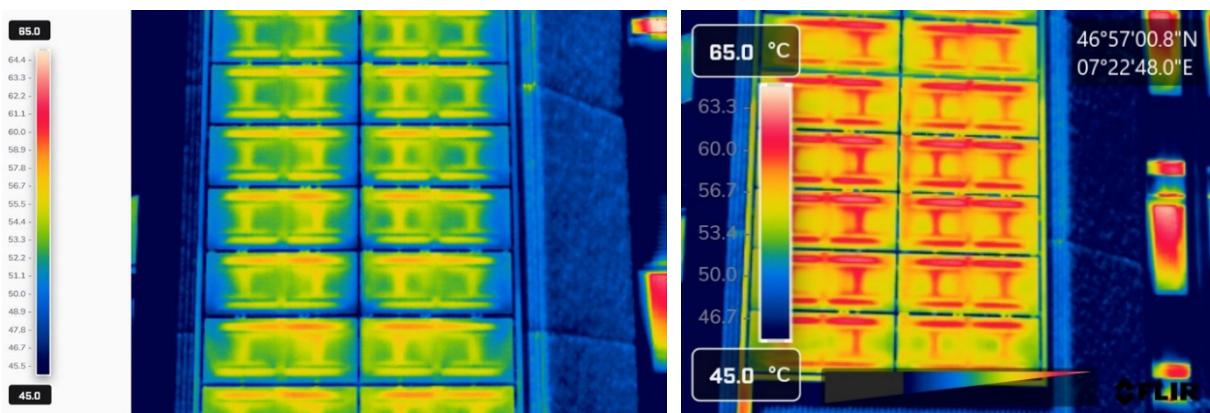


Abbildung 11: Das Infrarot-Bild hat eine sehr hohe Auflösung und kleinste Temperaturunterschiede sind gut sichtbar

Der definitive Bericht steht noch aus, aber erste Bilder im Felde zeigen die Praxisrelevanz der Messmethode. Man sieht auch, dass die PV-Fassaden in gutem Zustand sind. Eine solche erste Aufnahme ist als Teil der Abnahme in Betracht zu ziehen. Fazit Holenacker 65:



- Da bei diesem Projekt Dünnschichtzelltechnologie eingesetzt wurde, werden keine «hot spots» sichtbar. Diese sind nur bei Kristallinen Zelltechnologie vorzufinden
- Aufbaubedingt sind gewisse Stellen des Moduls wärmer als andere.
- Heisse Stellen hinter dem Generatorfeld werden sichtbar

Auf der Thermografie sind die 4 horizontalen Befestigungsbleche deutlich sichtbar, auch die Unterbrechung der Bleche in der Mitte des Moduls. Die höhere Temperatur kann auf den schlechteren thermischen Widerstand des Klebers zurückgeführt werden (dieser Isoliert den Wärmeabtransport in das Stahlblech). Weiter gehen wir davon aus, dass die vertikale Verbindung als wärmeres Signal in der Thermografie sichtbar ist.

Für ein Modul wurde ein Messfeld definiert, um die min./ max. und mittel-Temperatur zu bestimmen.

Mittelwert:	53.8 °C
Min:	49.4 °C (-4.4 °C)
Max:	58.1 °C (+4.3 °C)

Für ein weiteres Modul wurde ein Messfeld definiert, um die min./ max. und mittel-Temperatur zu bestimmen.

Mittelwert:	58.2 °C
Min:	55.5 °C (-2.7 °C)
Max:	62.5 °C (+4.3 °C)

Die Temperaturen sind, wie in der Thermografie immer, mit Vorsicht zu geniessen! Hier wird die thermische Abstrahlung vom Gebäude gegenüber den Messwerten beeinflusst haben. Bei allen Thermografien wurde «nur» die Reflektion vom Himmel eingesetzt.

Wir schlagen deshalb vor, in der Fassade Holenacker 85 Temperaturfühler einzubauen. Diese können bei Bedarf ausgelesen werden. So könnten die effektiven Temperaturen hinter den PV-Modulen erfasst werden. Allerdings müsste dies mittels Fühler gemacht werden, die ein minimales Brandpotential haben. Dies könnte im Projekt kostenneutral gemacht werden.

4.5 Zusätzlich neue PV-Fassaden

Die Erkenntnisse des Leitfadens bzw. «Übergangspapier», der Nachweisverfahren und der beiden Fassaden Holenacker 65+85 fliessen in weitere PV-Fassaden ein. Diese sind aktuell in der Planungs- und Ausführungsphase und erweitern die Anwendung der PV-Fassaden über den Wohnbereich hinaus. Sie werden im Zwischenbericht 2025 vorgestellt.

5 Bewertung der bisherigen Ergebnisse

Die Erarbeitung eines Leitfadens zur Planung von hohen PV-Fassaden unter Einbezug der Brandpräventionsvorgaben wurde termingerecht abgeschlossen. Die Bau-, Brandpräventions- und Versicherungsbranche wurde im Rahmen eines gut besuchten Workshops und deren Feedbacks einbezogen. Damit liegt erstmals in der Schweiz eine Systematik zur Bewertung der Brandprävention von hohen PV-Fassaden vor. Diese könnte vereinfacht auch für weniger hohe PV-Fassaden verwendet werden. Die Dynamik der Ereignisse um die Bewilligung von PV-Fassaden, speziell im Kanton Zürich, im Jahr 2023 hat zu einem «Übergangspapier» von Swissolar geführt. Dies kommt der GVB sehr entgegen, kann sie nun alle Interessierten an Swissolar verweisen. Die Bewilligung im Rahmen des Nachweisverfahrens für hohe PV-Fassaden ist davon nicht tangiert, dürfte aber vereinfacht werden.



Der PV-Fassadenmarkt in der Schweiz hat seither von sehr tiefem Stand ein erfreuliches Wachstum gezeigt. Bis die im Rahmen der Energiestrategie 2050 angestrebten Volumen erreicht werden, braucht es aber noch viele Anstrengungen.

Einige Hersteller von Unterkonstruktionen etc. haben auf eigene Kosten Brandversuche gemacht. Diese sind nicht im Rahmen dieses Projektes gemacht worden. Die Hersteller behalten sich deshalb vor die Resultate in für sie optimalerweise auszuwerten. Die Resultate der Brandversuche zeigten unter Anderem, dass herunterfallende PV-Module günstige Einfluss auf den weiteren Brandverlauf haben können. Die Feuerwehr kann mit diesem «TrümmerSchaden» durchaus umgehen.

6 Weiteres Vorgehen

Die weitere Betreuung der Leitfaden-Thematik ist nun bei Swissolar. Sobald Resultate aus dem Monitoring und den Analysemethoden (IR-Monitoring/ Drohnen-Einsatz) vorliegen, wird in geeigneter Form davon berichtet.

Parallel dazu wird die Montage der ersten Fassaden am Holenacker 65 abgeschlossen. Die brandtechnische Abnahme der Anlage Holenacker 65 erfolgte am 23. August 2024.

Die Ausschreibung der Fassaden Holenacker 85 ist gemacht worden und wird ausgewertet. Der Bau wird 2024/ 2025 erfolgen und die Erkenntnisse von Holenacker 85 beinhalten.

Weitere grössere Fassaden, die auf dem Leitfaden basieren, werden im weiteren Verlauf des Projektes als Beispiele beschrieben.

7 Nationale und internationale Zusammenarbeit

Die interdisziplinären Mitglieder der Arbeitsgruppe arbeiten in verschiedenen Gremien mit. Dies sind Verbände der Solar-, Versicherungs- und Brandpräventionsbranche. Beteiligung an Sitzungen VKF/ Swissolar durch David Sauer (GVB) und Christian Renken

An den Advanced Building Skins Konferenzen von 2022 und 2023 wurde jeweils über den Stand des Projektes informiert.

An der European PV Conference EUPVSEC in Wien im September 2024 wird ein Poster und ein Beitrag zum Leitfaden und Bewilligungsverfahren von sehr hohen PV-Fassaden in der Schweiz präsentiert.

Energiecluster Tageskurse PV-Fassaden, 6.2.24 Zürich & 10.9.24 Brig (Renken)

Fachreferate bei Versicherungen, Electrosuisse, Energiecluster

Schulung Photovoltaik / Brandprävention Office cantonal du feu, Valais - Section prévention incendie, 13.11.2024 Châble, 13.11.2024 Veyras (Renken)



8 Kommunikation

Die Kommunikation geschieht 2024 über :

- Publikationen der GVB – breites Publikum der Hausbesitzer
- Fachpublikationen wie «Electrosuisse»
- Fachreferate von David Sauser (GVB), Urs Käser (Co-Projektleiter) und Urs Muntwyler (Co-Projektleiter) an der Swissbau am Sicherheitskongress 2024 am Mittwoch 17.1. 2024 «Neue Energietechnologien und Brandschutz»
- Veranstaltung zu PV-Fassaden bei Spiez Solar im Sommer 2024 (Renken/ Muntwyler)
- BIPV-FORUM 2024 im Kloster Banz am 28.02.24, Referat: CH-Brandschutzleitfaden - Brandschutz an hinterlüfteten Fassaden als Übergangslösung (Renken)
- EUPVSEC 2024 Beitrag und Poster
- Fachreferate bei Versicherungen, Electrosuisse, Energiecluster

Weitere Informationskanäle nach Anfragen.

9 Publikationen

- Planungsleitfaden für hohe Solarfassaden, Electrosuisse 9/ 2023
- Guideline for the realization of high PV façades > 30 m, Conference paper: "Advanced building skins", 10/ 2023, Berne
- Fotovoltaik Fassaden: Wie hoch hinaus geht's? – GVB Info Nr. 2/ September 2023
- PV FAÇADES > 30 M - FIRE PREVENTION GUIDELINES ON HIGH-RISE BUILDINGS, September 2024, EUPVSEC 2024