



Abschlussbericht

Solarstrom von der Autobahn

1. Juli 2025

IDEE Institut für Innovation, Design
und Engineering

Projektpartner:



Projektinformationen

Projektname: Solarstrom von der Autobahn

Projektlaufzeit: Januar 2024 bis April 2025

Projektleitung

Projektleiter: Prof. Dr. Lukas Schmid

Institution: OST Ostschweizer Fachhochschule, Institut für Innovation, Design und Engineering

Adresse: Rosenbergstrasse 59, 9001 St.Gallen

Projektpartner

- ChangeDynamics GmbH, Seestrasse 3, CH-9423 St.Gallen-Altenrhein, Marco Cavelti
- Energy Membrane GmbH, Abfaltersbach 125, A-9913 Abfaltersbach, Rober Roithmayr
- Implenia Schweiz AG, Thurgauerstrasse 101A, CH-8152 Glattpark, Peter Fringeli

Förderung

Fördergeber: EKT Energiestiftung

Förderprogramm: Innovation

Autor:innen

Dr. Ramon Hofer-Kraner (IDEE-OST)

Chiara Berger (IDEE-OST)

Prof. Dr. Lukas Schmid (IDEE-OST)

Haftungsausschluss

Die Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts liegt allein bei den Autor:innen. Die dargestellten Meinungen spiegeln nicht notwendigerweise die Ansichten der Fördergeber wider.

Copyright

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks, der Vervielfältigung und der Verbreitung, sowie der Übersetzung, bleiben vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung der Rechteinhaber*innen in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Management Summary

Das Projekt "Solarstrom von der Autobahn" zielte darauf ab, die Nutzung von Autobahnflächen zur Solarstromproduktion zu untersuchen. Ausgangspunkt ist die steigende Bedeutung von Elektrizität im Energiesystem und die Notwendigkeit, alternative Flächen für die Photovoltaik zu erschliessen.

Die verfolgten Konzepte umfassen die Überdachung von Autobahnabschnitten mit ultraleichten Solarkonstruktionen, die sowohl Energie erzeugen als auch als Lärm- und Sichtschutz dienen können. Eine alternative favorisierte Variante sieht die Teilüberdachung einzelner Fahrstreifen vor, um die hohen Kosten und logistischen Herausforderungen einer vollständigen Überdachung zu umgehen.

Die Erkenntnisse aus der Machbarkeitsstudie zeigen, dass innovative Photovoltaiklösungen technisch machbar sind, jedoch häufig an regulatorischen oder administrativen Herausforderungen scheitern. Die angestrebte Pilotanlage in Buchs wurde darauf ausgelegt, auf einer Strecke von 400 Metern etwa 940 kWp Leistung zu erzeugen. Die wirtschaftliche Betrachtung zeigte jedoch, dass die Investitionskosten durch die erwirtschafteten Erträge nicht gedeckt werden können, weshalb Baukostenoptimierungen und alternative Finanzierungsstrategien geprüft werden müssten.

Der Ausblick umfasst zwei mögliche Anschlussprojekte: die Weiterentwicklung von Solarmodulen mit integrierter Schallschutzfunktion und die Ausstattung des Systems mit Batteriepuffern zur kontinuierlichen Energieabgabe. Diese Projekte bieten grosses Innovationspotenzial und könnten die Lebensqualität entlang von Verkehrsachsen erheblich verbessern.

Inhalt

1.	Einleitung	1
1.1	Solarstrom von der Autobahn	1
1.2	Vorprojekt	2
1.3	Projektvorhaben	2
1.4	Projekt- und Umsetzungspartner	3
2.	Ausgangslage.....	4
2.1	Referenzanlagen im DACH-Raum.....	4
2.2	Standortevaluation	4
2.3	Favorisierter Standort: Buchs	5
2.4	Anforderungen	6
3.	Konstruktionsvarianten.....	9
4.	Bogenkonstruktion	11
4.1	Pilot-Projekt in Felbertauern	11
5.	Teilüberdachung	13
5.1	Konstruktion	13
5.2	Ertragsoptimierung.....	16
5.3	Fundamentierung	17
5.4	Eisbildung.....	18
5.5	Wasser	19
5.6	Aufprall	19
5.7	Brand.....	19
5.8	Steinschlag.....	20
5.9	Lärmschutz.....	20
6.	Standortfaktoren Buchs	21
6.1	Standort.....	21
6.2	Netzanschluss	22
6.3	Abstände zu Leitungen	23
6.4	Bodenbeschaffenheit	24
6.5	Weitere Wichtige Standortfaktoren	24
7.	Wirtschaftlichkeit	25
7.1	Baukosten Teilüberdachung	25
7.2	Ertragsabschätzung Teilüberdachung	26

7.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Teilüberdachung	27
8.	Bewilligungsablauf und Dokumente	29
8.1	Vorprüfung der ASTRA	29
8.2	Dokumente	30
9.	Fazit	34
9.1	Konstruktive Betrachtung Teilüberdachung	34
9.2	Wirtschaftliche Betrachtung Teilüberdachung	35
9.3	Realisierung Pilotanlage	35
9.4	Best-Case Szenario	36
9.5	Vergleich zu alternativen Lösungen	37
10.	Ausblick Anschlussprojekte	40
10.1	Lärmschutz mit Solarzellen	40
10.2	Batteriepufferung: Kontinuierliche Energieabgabe	40
11.	Projekt-Stakeholder	41

1. Einleitung

1.1 Solarstrom von der Autobahn

Die Bedeutung von Elektrizität hat in unserem Energiesystem zugenommen und wird zukünftig aufgrund der zunehmenden Elektrifizierung der Heizsysteme und Mobilität weiter steigen. Als eine Antwort darauf hat auch die jährliche Solarstromproduktion seit 2010 kontinuierlich stark zugenommen und beträgt im Jahr 2022 3'858GWh. Allerdings steht dem ein Endverbrauch an elektrischer Energie, gemäss Elektrizitätsstatistik, von 57'030GWh entgegen womit die Photovoltaik einen Anteil von nur 6.76% des Verbrauchs abdeckt (Statistik Sonnenenergie, 2023).

Das BFE schätzt zwar das Produktionspotenzial von Photovoltaikanlagen auf Dächern schweizweit auf 50TWh pro Jahr (BFE, 2018), aber es gibt auch andere Studien, die von einem deutlich tieferen Potenzial zwischen 16.3 und 24.6TWh pro Jahr ausgehen. Dabei werden sowohl technische als auch ökonomische sowie soziale bzw. ästhetische Limitierungen ins Feld geführt.

Die Länge des Autobahnnetzes der Schweiz beträgt 1549km und bedeckt eine Fläche von 47km². Eine Nutzung von etwa 40 Prozent dieser Fläche zur Solarstromproduktion könnte jährlich rund 5.5TWh Energie erzeugen – etwa 10 Prozent des gesamtschweizerischen Elektrizitätsverbrauchs.

Technologische Innovationen im Bereich der Photovoltaikmembranen versprechen, bisher schwer nutzbare Flächen wie Strassen- und Bahnnetze für die Energieproduktion zu erschliessen.

Grundidee: Bogenkonstruktion

Einen Ansatz bietet die Energy Membrane GmbH mit ihrer „Energy Membrane“ an: eine flexible, deutlich leichtere Alternative zu herkömmlichen Glasmodulen, die durch hohe Transparenz architektonisch hochwertige Energiesysteme ermöglicht.

Appliziert auf ultraleichte Bogen-Tragwerke mit Spannweiten bis 70 Metern können damit Autobahnen, Bahnstrecken und andere Verkehrswege überdacht und als Energiequelle genutzt werden. Ergänzt durch ein intelligentes Energie-Management-System – zur Ableitung, Speicherung, Wandlung und Verteilung der erzeugten Energie – entsteht eine multifunktionale Nutzung bestehender Infrastrukturen.

Dieses «Powerarc»-Konzept¹ verfolgt die Vision, über lange Distanzen (50 bis 100 Kilometer) Verkehrsachsen grossflächig mit ultraleichten Solarkonstruktionen zu überbauen. Durch die standardisierte Leichtbautechnik und modulare Bauweise könnte dieses Prinzip auf internationalen Strecken wirtschaftlich betrieben werden und einen wichtigen Beitrag zur dezentralen Energieversorgung leisten.

Die Konstruktion zeichnet sich aus durch:

- Minimalen Materialeinsatz (geringer Stahleinsatz)
- Minimalinvasive Installation mittels Schraubfundamenten (wenig Beton)
- Einfache Rückbaumöglichkeit und hohe Recyclingfähigkeit

Alternativvariante: Teilüberdachung

Für die Rahmenbedingungen in der Schweiz, mit ihren kurzen, fragmentierten Streckenabschnitten, ist das klassische Powerarc-Konzept jedoch ökonomisch kaum sinnvoll umsetzbar. Dies vor allem wegen den sehr teuren und aufwändigen (Total-) Sperrarbeiten der Autobahnen. Hier setzt ein angepasstes Teilüberdachungskonzept an, dass diese Hürde überwindet: Statt ganze Autobahnabschnitte zu überbauen, werden selektive Überdachungen einzelner Fahrstreifen oder Randbereiche realisiert. Dabei kommen konventionelle starre

¹ Vgl. <https://powerarc.ch>

Photovoltaikmodule auf stabilen Trägersystemen zum Einsatz, wodurch Beschaffungskosten und der Einsatz von noch wenig erprobten Spezialmaterialien minimiert wird.

Erwartete Vorteile der Teilüberdachung:

- Tiefere Investitionskosten im Vergleich zur Vollüberdachung
- Schnellere Umsetzung durch Nutzung bewährter Bautechniken
- Flexible Anpassung an lokale Gegebenheiten
- Kürzere Durchlaufzeiten

1.2 Vorprojekt

Im Rahmen eines vom Bund (Innosuisse) finanzierten Innovationsschecks ("PowerArc"), konnte das Institut für Innovation, Design und Engineering der OST Ostschweizer Fachhochschule einerseits das Potenzial einer (Teil-)Überdachung der Autobahn identifizieren sowie ca. 40 Autobahnabschnitte im Kanton SG und TG eruieren, die sich für eine Pilotanlage über ca. 400 Meter Länge eignet.

Die favorisierten Standorte liegen im Rheintal und Thurgau. Das Konzept sieht vor, auf einer Strecke von 400m Strom mit einer Peakleistung von ca. 3MWp zu erzeugen.

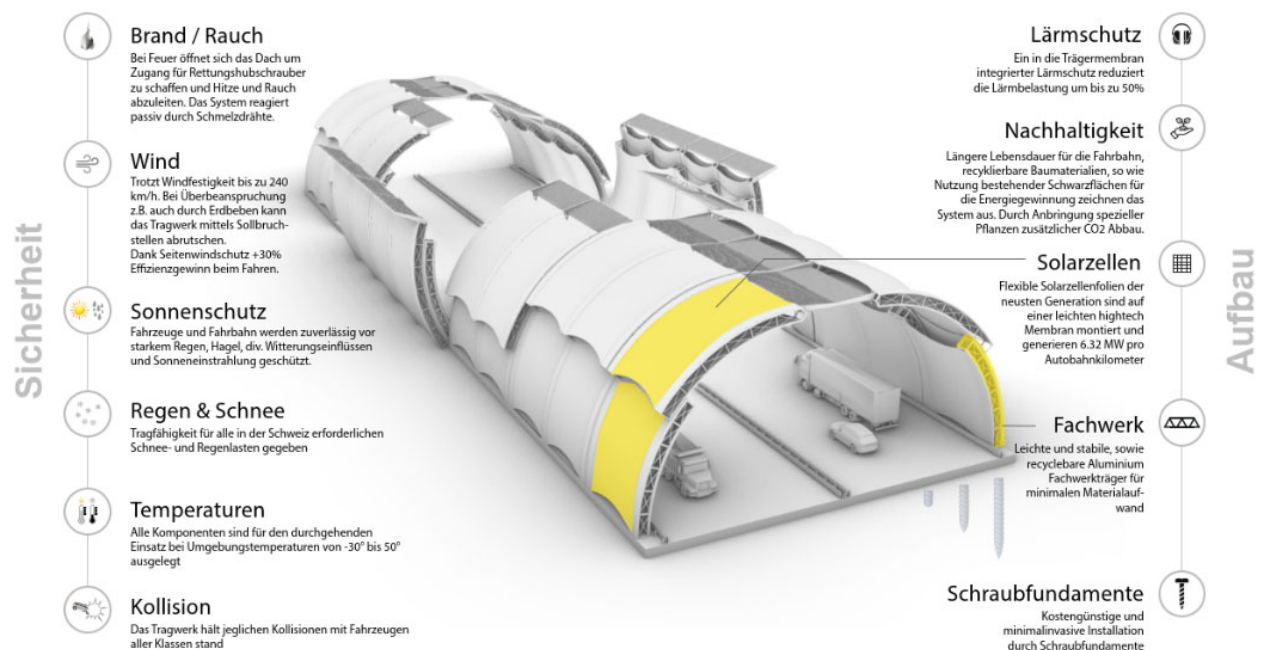


Abbildung 1: PowerArc Konzept aus dem Vorprojekt

1.3 Projektvorhaben

Das vorliegende, von der EKT Energiestiftung finanzierte Projekt, verfolgte das Ziel, das Potenzial für Solarstrom über der Autobahn auszuloten und mit einer Realisierungsstudie aufzuzeigen, dass ein solches Vorhaben mach- und finanzierbar ist.

Projektziele:

- Abklärung der rechtlichen und politischen Möglichkeiten (involvierte Instanzen, bewilligungstechnische Herausforderungen, etc.)
- Verfeinerung der technischen Konstruktion
- Offerten für die verschiedenen Bautätigkeiten
- Businessplan über Anlagen-Lebensdauer
- Bankfähigkeit ("bankability") des Projekts ausweisen (ROI, evtl. erste Kapitalbeschaffung)

1.4 Projekt- und Umsetzungspartner

Projektpartner:

- ChangeDynamics GmbH (Auftraggeber Potenzialstudie, <https://cavelty.ch/>)
- Energy Membrane GmbH (Technologiepartner, <https://www.powerarc.energy/>)
- Implen AG (Planungspartner, [Implenia](#))

Umsetzungs- und Planungspartner:

- Stadt Buchs (Standortpartner, [Buchs](#))
- Solarmotion (Partner für erneuerbare Energien, [Solarmotion](#))
- Schöb (Partner für Holzbausysteme, [Schöb AG](#))
- Meister Stahlbau AG (Partner für Metallverarbeitungsunternehmen, [Meister Stahlbau AG](#))

2. Ausgangslage

2.1 Referenzanlagen im DACH-Raum

Zur Ableitung technischer und gesetzlicher Anforderungen für das vorliegende Projekt wurden verschiedene Referenzanlagen im DACH-Raum recherchiert. Besonders hervorzuheben ist die erste Autobahnüberdachung mit Photovoltaik in Deutschland bei der Rastanlage Hegnau-Ost. Trotz ihrer geringen Grösse erfüllt sie sämtliche relevanten Regelwerke und dient als wichtige Grundlage zur Klärung rechtlicher Rahmenbedingungen. Weitere Konzepte wie «Solar Highways²» oder Projekte der Westschweizer Firma Energy Pier³ zeigen ambitionierte Ansätze, etwa durch die Integration von Fahrtwindnutzung oder die Nutzung von Mittelstreifen als kombinierte Solar- und Fahrradflächen. Viele dieser Ideen scheitern bislang jedoch an administrativen Hürden.

Zusätzliche relevante Beispiele sind die grösste Solardachanlage der Schweiz in Onnens⁴ (8.3MWp), der kombinierte Einsatz von bifazialen und konventionellen PV-Modulen bei Lärmschutzverbauungen⁵ in Zofingen sowie die grösste gebogene Solaranlage auf der Eiskunsthalle Tramelan.

Die Analyse dieser und weiterer Projekte zeigt, dass innovative Photovoltaiklösungen im Infrastrukturbereich technisch machbar sind, jedoch häufig an regulatorischen oder administrativen Herausforderungen scheitern. Die gewonnenen Erkenntnisse liefern wertvolle Impulse für die Projektentwicklung im DACH-Raum.



Abbildung 2: Referenzanlagen Hegnau, Energie Pier und Onnens

2.2 Standortevaluation

Auf Basis der Standort-Recherchen im Vorprojekt wurde eine weitere Eingrenzung eines möglichen Standorts vorgenommen. Im Vorprojekt wurde das Potenzial in der Ostschweiz auf den Autobahnen A1, A3, A7 und A13 evaluiert. Die Liste von 40 Standorten wurde nun in dieser Eingrenzung weiter verfeinert.

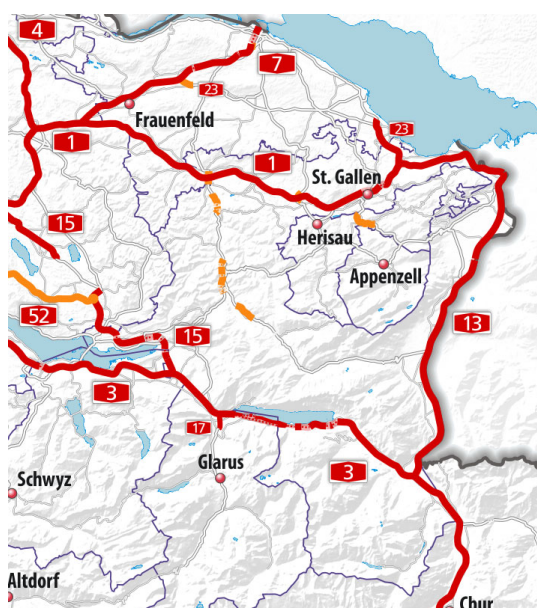
Zur weiteren Bewertung der Standorte wurden die ursprünglichen Faktoren, sowie weitere Überlegungen miteinbezogen.

² [Solar Highways International | Generating Electricity With Solar Panel Roofs Over Highways](https://solarhighwaysinternational.com/)

³ <https://energypier.ch/>

⁴ <https://www.solaragentur.ch/de/solarpreis/schweizer-solarpreis/2023/peb-leichtbau-1425-onnensvd>

⁵ <https://www.baslerhofmann.ch/impulse/photovoltaik-ueber-der-autobahn-a2-laermschutz-biodiversitaet-und-stromproduktion-in-einem>



Bewertungskriterien Standort	Gewichtung
Motivation und Offenheit zur Partizipation	5
Energiebewusstsein (Energiestrategie 2050 / Politisches Potenzial)	5
Geringes Potenzial für Einsparungen	5
Zweitnutzungspotenzial (Lärmschutz, Tunnel, Fernwärme, Schatten etc.)	5
Ausrichtung / Ertrag	4
Grosse Energieabnehmer	4
Anschlusskosten/-aufwand	3
Baubedingungen (z.B. einfaches stabiles Gelände)	3
Sichtbarkeit / psychologischer Effekt / PV Umfeld	2
Ausbaupotenzial (Länge)	1

Abbildung 3: Untersuchte Autobahnabschnitte in der Ostschweiz

Dabei erschienen die weichen Faktoren «Energiebewusstsein der Gemeinde», «Motivation und Offenheit zur Partizipation» und «Zweitnutzen» als am grundlegendsten und am zielführendsten und wurden daher hoch gewichtet. Auch das Thema «Einsparungen» wurde mit einer hohen Gewichtung belegt, da dies ein langes Bewilligungsverfahren nach sich ziehen kann. Es wurden in dieser Hinsicht bei jedem Standort die Anzahl angrenzender Parzellen eruiert und in die Bewertung einbezogen. Folgende Übersicht zeigt die Rangliste der Gemeinden und Orte. Mit Ausnahme von Tägerwilen bei Kreuzlingen liegen alle Gemeinden im Rheintal.

Die Standortanalyse nach den vorab genannten Bewertungskriterien ergibt folgende Priorisierung:

Ort	Gemeinde	Potenzial
Buchs	Buchs	5
Widnau	Widnau	4
Tägerwilen/Kreuzlingen	Tägerwilen	4
Baggersee Kriessern	Oberriet	3
Rüthi	Rüthi	2
Sennwald	Sennwald	1
Haag	Sennwald	1

2.3 Favorisierter Standort: Buchs

Die Gemeinde Buchs bekennt sich als sehr energiebewusste Gemeinde. Dies zeigt sich durch das grosse Energie Dossier⁶ und diverse Fördergefässe (z.B. Solarförderung/Entsiegelung). Zudem erfüllt die Gemeinde das Energiestadtlabel zu 82.4% und liegt damit auf Platz 13 der Schweiz. Weitere Pluspunkte sind die an der Autobahn gelegenen Industrieanlagen als Abnehmer und die langen Geraden und Nord/Süd orientierten Autobahnstrecken, welche durch ihre Lage zwischen Waldabschnitten ausser Sichtweite der Stadt liegen.

Gemäss Astra sind in Buchs zwischen 2034 bis 2036 Sanierungsarbeiten geplant. Damit könnten allenfalls in dieser Zeit Synergieeffekte (Absperrung von Autobahnbereichen) genutzt werden.

⁶ <https://www.buchs-sg.ch/energie>

2.4 Anforderungen

Die Planung und Umsetzung einer Photovoltaikanlage entlang von Nationalstrassen erforderten eine Vielzahl technischer, rechtlicher und organisatorischer Abklärungen. Die Anforderungen sind komplex und betreffen verschiedene Fachbereiche. Basierend auf Unterlagen des Bundesamts für Strassen (ASTRA⁷) wurden die zentralen Punkte in vier Hauptkategorien gegliedert: behördliche Vorgaben, Baustellenkonzept, Wartung und Notfallmanagement. Die detaillierten Informationen des Bundesamts für Strassen zeigen auf, wie breit die Anforderungen gestellt werden. Nachfolgende Anforderungsliste wurde vom ASTRA in Zusammenarbeit mit Spezialisten erstellt, mit dem Ziel, Bauvorhaben an der Autobahn im PV-Bereich zu unterstützen und in Form einer Checkliste⁸ abzubilden.

Behördliche Vorgaben

- Überprüfung & Einhalten der Grundstücksgrenzen
- Einverständnis Besitzer benachbarter Grundstücke
- Anschluss an Verteilnetz, Vertrag mit den Verteilnetzbetreibern
- Standort Wechselrichter (technisches Datenblatt) / Einspeisung
- Statik Gutachten (Gewicht, Wind, Schnee)
- Entwässerungskonzept
- Verhinderung Bildung von herabfallenden Eiszapfen / Dachlawinen / herabfallenden PV-Teilen
- Berücksichtigung Naturereignisse (Hagel, Starkregen)
- Blitzschutzzertifikat
- Nagetierschutz
- Anprallschutz
- Lichtraumprofil
- Überspannungsschutzkonzept (Brandschutzvorschriften VKF)
- Grad Rückstrahlung [%], Blendung, Antireflexionsbeschichtung
- Schallschutz / Lärmgutachten, Absorptionswert > A3
- Umsetzbarkeit vorgesehene Befestigungssystem
- Schutzwürdiges Biotop / ökologischer Ausgleich / Biodiversität Schweiz
- Zugänglichkeit der Module, Bodenabstand 1m, Signalisation der Anlage
- Möglichkeit Inspektion Stützmauer, Schallschutzwand, Einschränkung Bauwerksinspektion
- Rückbau & Entsorgung
- Versicherungspolice Haftpflichtversicherung & letzte Prämienquittung

Installation / Baustellenkonzept

- Verkehrsführung, Auswirkungen Verkehr
- Gesundheitsschutz und Sicherheit der Arbeitnehmenden
- Dokumentation Nr. 86024 «Verhalten bei Arbeiten auf Nationalstrassen»
- Lieferung, Lagerung & Montage
- Zugang Pannestreifen / von ausserhalb der Nationalstrasse
- Bauzaun
- Fahrbahnspernung (nur in Ausnahmefällen)
- Leitplankenschutz vorhanden

Wartung

- Nutzungsdauer, Unterhaltsplan
- Fernüberwachung, Alarmmeldung
- Wartungsplan
- Verschmutzung / Reinigung (Selbstreinigung)
- Bewuchs

Notfallkonzept

- Notfallkonzept Schadensfall (Bauphase, Betriebsphase)
- Gefahrenpotential (Splitter, elektrische Spannung, Brandbekämpfung)
- Notfallabschaltung
- Räumung Trümmerteile
- Diebstahlschutz, Vandalismus

⁷ <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home.html>

⁸ ASTRA Filiale 4, Winterthur, PV – Anlagen Dritter, Projektbezogene Planungskriterien - Seger Ingenieure, 17. April 2024

Gespräche mit Mitarbeitenden der ASTRA-Filiale Winterthur⁹ haben darüber hinaus gezeigt, dass bestimmte Faktoren erhebliche Auswirkungen auf die Baukosten und die Umsetzbarkeit haben:

- **Sperrungen und Umleitungen:** Die Kosten für Verkehrseingriffe sind hoch. Eine Sperrung des Pannenstreifens kostet rund CHF 3'000.– pro Tag, eine Fahrbahnsperre bei zweispurigen Abschnitten etwa CHF 6'000.– pro Nacht (wird nur bei Nacht empfohlen → Ressourcen und Verkehrsbehinderung). Eine einseitige totale Sperrung der Autobahn ist mit sehr hohen Umbauten und Dispositionskosten verbunden und kann nicht für längere Zeit durchgeführt werden, da auch die wirtschaftlichen Folgekosten zu hoch sind und sich für ein solches Vorhaben nicht rechtfertigen lassen. Diese hohen Dispositions- und Vorbereitungskosten waren in der Vergangenheit ein häufiger Grund für das Scheitern ähnlicher Projekte.
- **Koordination mit ASTRA-Baustellen:** Eine zeitliche Abstimmung mit bereits geplanten Bauarbeiten des ASTRA ist entscheidend, um Synergien zu nutzen und die Wirtschaftlichkeit zu sichern.
- **Lärm- und Sichtschutz als Mehrwert:** Laut ASTRA ist ein Projekt dieser Art nur realisierbar, wenn es zusätzlich als Lärm- oder Sichtschutzmassnahme dient. Dieser Zusatznutzen erhöht die Akzeptanz.
- **Wartung und Inspektion:** Die gesamte Verantwortung für Unterhalt und Inspektion – inklusive notwendiger Verkehrssperrungen – liegt beim Bauherrn. Dies kann über die Lebensdauer zu erheblichen Zusatzkosten führen und muss in der finanziellen Betrachtung berücksichtigt werden.
- **Unfallnachfolgekosten:** Nach Unfällen oder Bränden muss die gesamte Konstruktion auf Schäden überprüft werden. Solche Kontrollen bedingen erneut Sperrungen, und die Freigabe der Fahrbahn erfolgt erst nach Abschluss aller Prüfungen. Bereits wenige Minuten Sperrzeit verursachen kilometerlange Staus und hohe volkswirtschaftliche Kosten.
- **Längenbegrenzung unter 300 m bei Tunnelbauten:** Konstruktionen über 300 m gelten bei kompletter Fahrbahn Überspannung rechtlich als Tunnel. Um strengere Tunnelvorschriften zu umgehen, sollte die Bauwerkslänge knapp unter dieser Grenze bleiben.

Weiterführende Anforderungen finden sich im technischen Merkblatt Bauteile Energieversorgung¹⁰ vom ASTRA.

Lichtprofil

Für eine 4-spurige Autobahn mit je zwei Fahrspuren pro Richtung ist gemäss ASTRA folgendes Lichtprofil¹¹ massgebend:

Der Designraum (ausserhalb des Lichtprofils und innerhalb des von der ASTRA empfohlenen Bereichs) für eine Autobahnüberdachung in der Schweiz zeigt sich in nachfolgender Grafik in grün:

⁹ <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/das-astra/kontakt/filialen/winterthur.html>

¹⁰ [https://www.astra.admin.ch/dam/astra/de/dokumente/abteilung_strasseninfrastrukturalldgemein/photovoltaik/technisches-merkblatt.pdf.download.pdf/Technisches%20Merkblatt%20Bauteile%2023%20001-11190%20Bauteile%20-%20Energieversorgung%20\(Entwurf\).pdf](https://www.astra.admin.ch/dam/astra/de/dokumente/abteilung_strasseninfrastrukturalldgemein/photovoltaik/technisches-merkblatt.pdf.download.pdf/Technisches%20Merkblatt%20Bauteile%2023%20001-11190%20Bauteile%20-%20Energieversorgung%20(Entwurf).pdf)

¹¹ https://www.astra.admin.ch/dam/astra/de/dokumente/standards_fuer_nationalstrassen/richtlinien/astra_11001_normalprofileraestplaetz_eundrasttaetternationalst.pdf.download.pdf/astra%252011001d.pdf

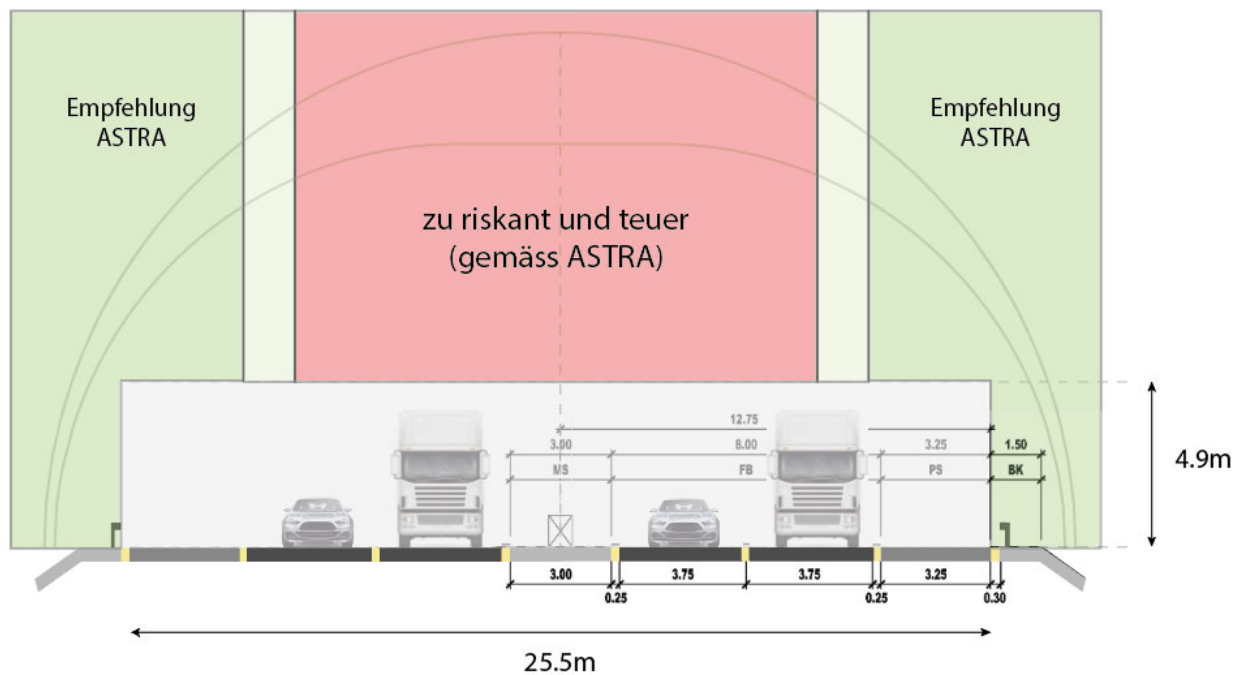


Abbildung 4: Designraum Autobahn CH

Der hellgraue Bereich in Abbildung 4 darf keine Konstruktionselemente beinhalten. Es ist eine Höhe von mindestens 4.9 m über der Fahrstrasse freizuhalten (Signaltafeln/Portale). Die Querneigung der Fahrbahn von 2.5% ist in der Illustration nicht eingezeichnet.

Es ist zu erwähnen, dass die eingezeichneten Grenzen auf Verhandlungs- und Argumentationsbasis mit dem ASTRA und den involvierten Stellen entstehen und je nach Beurteilungspartner leicht unterschiedlich ausfallen können.

3. Konstruktionsvarianten

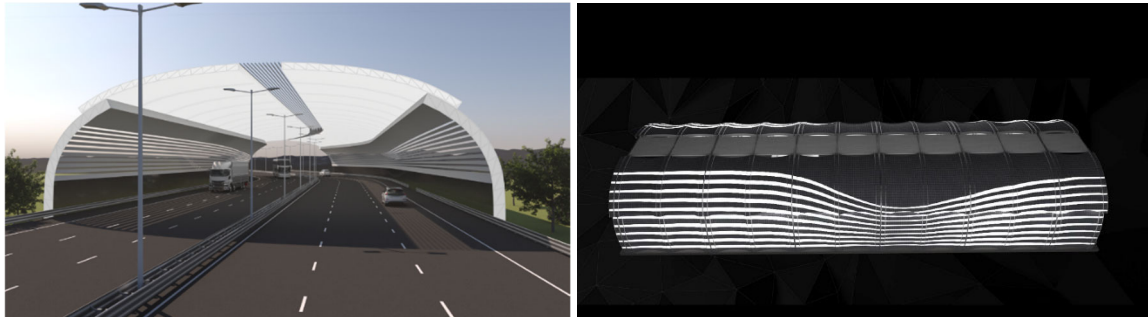


Abbildung 5: Visualisierungen PowerArc

Das ursprünglich angedachte PowerArc¹² Grundkonzept mit vollständiger Überdachung der Autobahn basiert auf hochinnovativer Material- und Technologiewahl:

- Fachwerkkonstruktion mit Schraubfundamenten (Leichtbaukonstruktion)
- Dachgiebel mit Schmelzdrahtverbindung, die sich bei Hitzeentwicklung löst und das Dach zur Seite rutschen und je nach dem auch schwenken lässt
- Rutschkonstruktion für den oberen Dachbereich
- Spezial Temperatur- und Feuchte-Regulierungs-Technologie zur Vermeidung von Kondenswasser an den Membranflächen und der Eisbildung an der Dachkonstruktion
- Photovoltaikzellen in Membranform, welche sich auf die Fachwerkkonstruktion aufspannen lassen
- Mehrwandige Spezialmembran als Schallschutzelement im Basisbereich
- Reduktion des Materialeinsatzes auf ein Minimum
- Konzept zur Blicklenkung während der Autofahrt

Im Zuge der Beschaffung der Informationen bezüglich Installationsvorgehen auf der Autobahn, wurde klar, dass für eine Vollüberdachung eine Sperrung der Autobahn unumgänglich ist. Die damit zusammenhängenden Kosten und Aufwände stehen in grossem Kontrast zur anvisierten Projektlänge von 400m. So würden die Sperr- Umleitungskosten und Aufwände einen grossen Teil der Realisierungskosten verschlingen und daraus zeigt sich um Bezug auf die Wirtschaftlichkeit, dass das Konzept des PowerArcs schwer umsetzbar ist.

Aufgrund dieser Rahmenbedingungen wurden zwei Lösungsräume weiterverfolgt: Die Bogenkonstruktion blieb für lange Abschnitte erhalten, jedoch nur als planerischer Ansatz. Parallel dazu wurde die Seitenstreifen- und Teilüberdachung gezielt auf Realisierbarkeit und wirtschaftliche Umsetzbarkeit im Schweizer Kontext optimiert, um kurzfristig praxistaugliche(re) Lösungen entlang bestehender Verkehrswege zu ermöglichen und ein Realisierungskonzept aufzubauen.

¹² <https://powerarc.ch/>

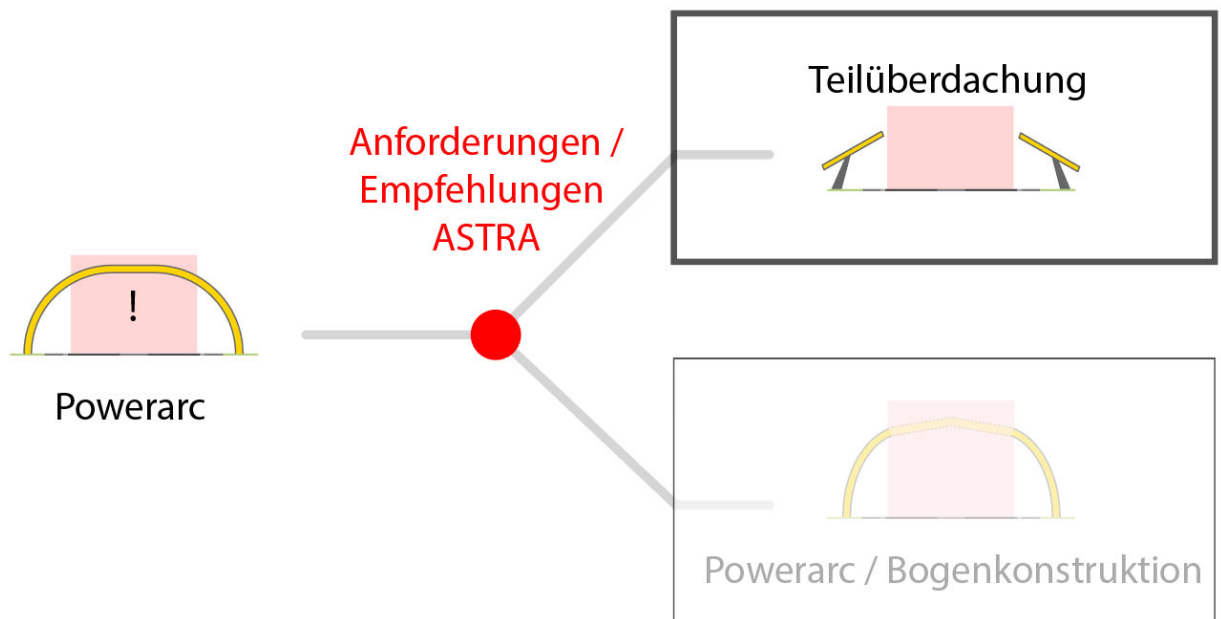


Abbildung 6: Konstruktionsvarianten, wobei die Teilüberdachung aus wirtschaftlichen Gründen favorisiert verfolgt wurde

4. Bogenkonstruktion

Das Powerarc-Konzept wurde weiterverfolgt, denn im Hinblick auf längere Überdachungsprojekte und innovative Installationskonzepte hat das Konzept nach wie vor viel Potenzial. Es wird daher weiter an Möglichkeiten gesucht, um die Konstruktion auf längeren Abschnitten mit Hilfe von z.B. mitfahrenden und verkehrsüberspannenden Hilfskonstruktionen zu realisieren. Dies kann die Kosten für Umfahrungen und Sperrungen signifikant reduzieren und somit neue Wege eröffnen, um das Projekt ökonomisch realisieren zu können. Das Projektteam um SolarMembran schätzt, dass sich ein gutes Kosten/Nutzen Verhältnis ab Längen von mehreren 10km rechnen kann.

Im Tunnel- und Brückenbau werden regelmässig solche Hilfskonstruktionen aufgebaut. Diese begleiten die Konstruktion im Entstehungsprozess und fungieren als Stützen und Absturzsicherungen. Es liegt nahe, solche Hilfsbauten ebenfalls als Grundlagen im Powerarc Konzept einfließen zu lassen

Das ASTRA hat in einer mehrjährigen Entwicklung eine mitfahrende Strasse (ASTRA Bridge¹³) entwickelt, welche die Baustelle überspannt und so den Verkehr über die Baustellen lenken kann. Dieser Ansatz muss PowerArc intensiver geprüft werden.

4.1 Pilot-Projekt in Felbertauern

Um die PowerArc Technologie zu testen und Grundlagen für grössere Anlagen zu schaffen, wurde parallel zu dieser Studie eine PowerArc PilotAnlage in Felbertauern¹⁴ konzipiert. Diese Konstruktion wird fest im Untergrund mit dem Felsengestein verankert werden und es kann so auf aufwändige Fundamente verzichtet werden. Sie überspannt einen kurzen Bereich der Autobahn Maut Station vor dem Tunnel Felbertauern. Eine Umfahrung der Baustelle kann an diesem Ort ohne grössere Probleme installiert werden. Dies da die Fahrzeuge für die Maut sowieso abbremsen müssen und auch die Umgebung gut für Ausweichmanöver genutzt werden kann. Zudem hält sich der Verkehrsfuss mit 3500 Fahrzeugen pro Tag (im Vergleich Buchs: 50'000/d) in Grenzen.



Abbildung 7: Visualisierung PowerArc Überdachung Felbertauern

¹³ <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/nationalstrassen/baustellen/wissenswertes/astra-bridge.html>

¹⁴ <https://maps.app.goo.gl/DWRU8xbN3TqFGcy8A>

Konstruktiv basiert das PowerArc System auf einer geschweissten Stahlrohrkonstruktion mit aufgespannten mehrlagigen ETFE-Folien. Ein cleveres, passives Entfeuchtungssystem stellt sicher, dass sich die zwischen den Folien ansammelnde Feuchtigkeit gut ableiten lässt. Dazu werden Technologielösungen von Vector Foiltec verbaut¹⁵.

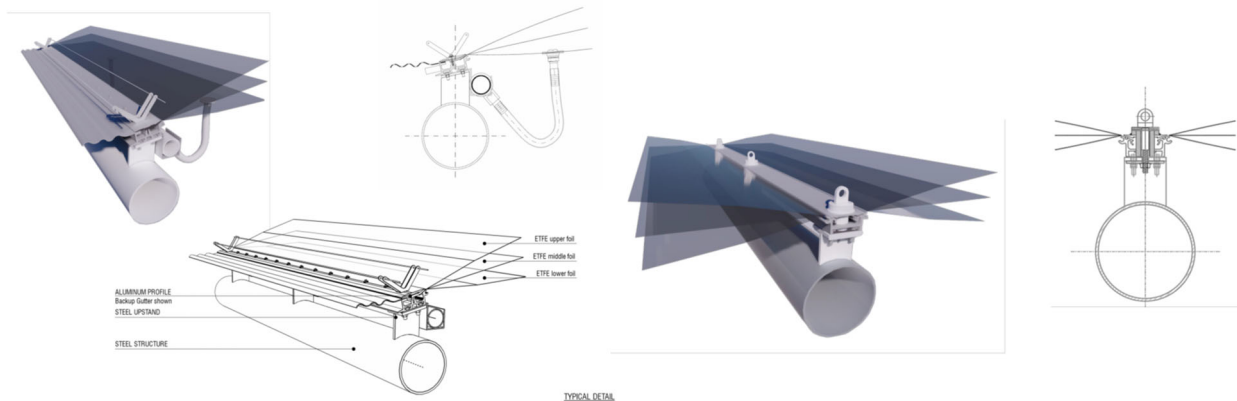


Abbildung 8: Ausschnitte der Details für die Installation der ETFE-Membran an die Stahlkonstruktion

Das Konzept zur Befestigung der PV-Zellen auf der ETFE Membran sieht eine Verklebung vor. Diese stellt sicher, dass die Module sicher und stabil auf der Trägerfolie haften. Das hier aufgezeigte Konzept wird am erwähnten Standort bei einer Grösse von 20x30m als Pilotkonstruktion aufgebaut: Kosten ca. 600'000 Euro. Diese Kosten würden sich bei einer extrapolierten Länge von 400m auf ca. 9 Mio. exklusive Fundamente und Sperrung belaufen. Im Vergleich zur Teilüberdachungslösung (Siehe folgende Kapitel) zeigen sich sehr hohe Kosten. Es wird ersichtlich, dass die vorliegende Spezial- Leichtbaukonstruktion wirtschaftlich für einen Einsatz im Buchser Szenario noch optimiert werden muss, bzw. neue Wege für die Realisierung einer mitfahrenden Bauunterkonstruktion gefunden werden müssen, um die Baukosten zu minimieren.

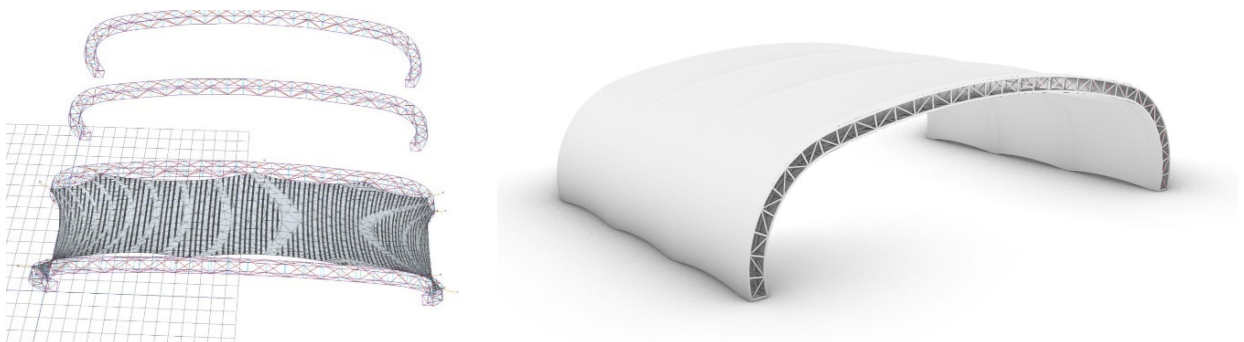


Abbildung 9: PowerArc Membran Pilot-Konstruktion mit aufgeklebten Solarzellen

¹⁵ <https://www.vector-foiltec.com/>

5. Teilüberdachung

5.1 Konstruktion



Abbildung 10: Rendering der Teilüberdachung in Buchs

Die Vision sieht einen Y-förmigen Aufbau der Konstruktion vor. Diese hat folgende Vorteile, bzw. integriert die nachfolgenden konstruktiven Überlegungen:

Symmetrische statische Bestimmtheit, vermindert die Belastung auf die Fundamente. Zug/Druckstäbe verstärken die Konstruktion auf der autobahnabgewandten Seite und gleichen die Kräfte durch Wind, Fahrtwind, Regen und Schnee aus. Die Auslegung erfolgte durch die Norm SIA 261.

Die Flügel überspannen den kompletten Pannestreifen und Teile der ersten Fahrbahn (maximaler Bereich in Absprache ASTRA)



Abbildung 11: Visualisierung mit Blick in Richtung Süden

Um möglichst viel Sonne in der Nord-Süd ausgerichteten Schneise einzufangen, wird die Panelebene relativ hoch in den Designraum gesetzt. Dies ermöglicht eine flexible Ausrichtung.

Von Experten von Implenia wird davon abgeraten die Panelfläche beweglich zu gestalten, um den Ertrag zu optimieren, da dies die Kosten und die Komplexität erheblich erhöht. Auch zeigen Berechnungen, dass sich der minimale Mehrertrag im Vergleich zu den Kosten nicht rechnet.

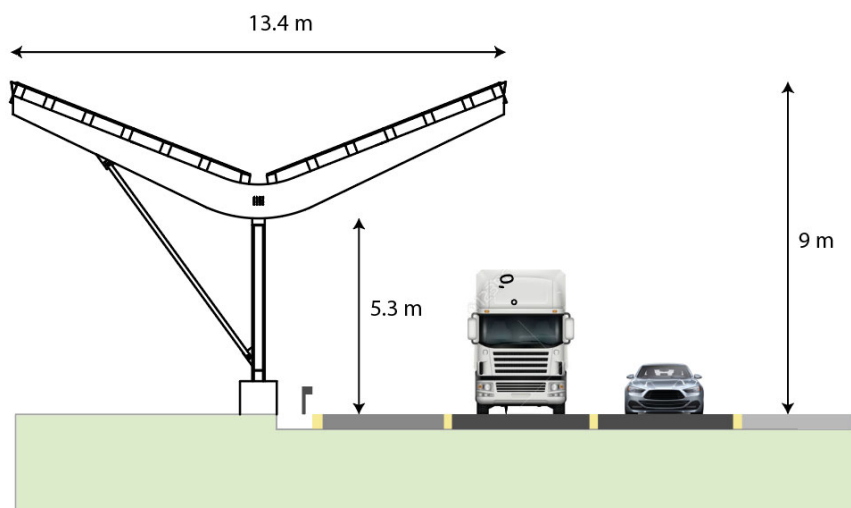


Abbildung 12: Lichtprofil der Teilüberdachung

Einsatz von Holz als nachhaltiger Baustoff

Klassische Stahlkonstruktionen bieten eine stabile und langlebige Konstruktionsbasis. Um Stahl für einen dauerhaften Einsatz zu produzieren, ist ein grosser Energieaufwand nötig. Herstellung, Transport, Verarbeitung und Korrosionsschutz verbrauchen viel Strom. Bei der Verzinkung im Elektrolysebad entstehen ausserdem giftige Abfallstoffe. Die Hauptquer- und Längstragebalken sind daher aus Holz aus der Umgebung und werden durch einen erfahrenen Holzbaubetrieb gefertigt. Diese Materialwahl senkt

den CO₂ Fussabdruck und stärkt das lokale Gewerbe. Ebenfalls wird die unterliegende Stahlkonstruktion durch den Holzbauer koordiniert und verbaut.

Die Forschung arbeitet an der Entwicklung recyclingfähiger Holzbauteile und verbesserten Aufbereitungsmethoden für Altholz¹⁶. Es lohnt sich den Einsatz von Altholzteilen regelmässig zu prüfen.

Unabhängig vom Material müssen in der Praxis alle einschlägigen Anlagen regelmässig auf ihre Festigkeit geprüft werden, da Korrosion sie im Lauf der Zeit schwächen können. Für Holz muss eine regelmässige Analyse der Feuchte durchgeführt werden. Hierzu eignen sich Feuchtemonitoringsysteme, welche schon länger bei Holzbrücken zur Anwendung kommen. In Untersuchungen wurde gezeigt, dass die gemessenen Holzfeuchtebereiche in der Regel in allen Fällen stets unterhalb des für einen Pilzbefalls gefährlichen Bereichs lagen.¹⁷ Der Einbau eines Monitoring Systems ist vorgesehen.

Alternativ Stahlkonstruktion

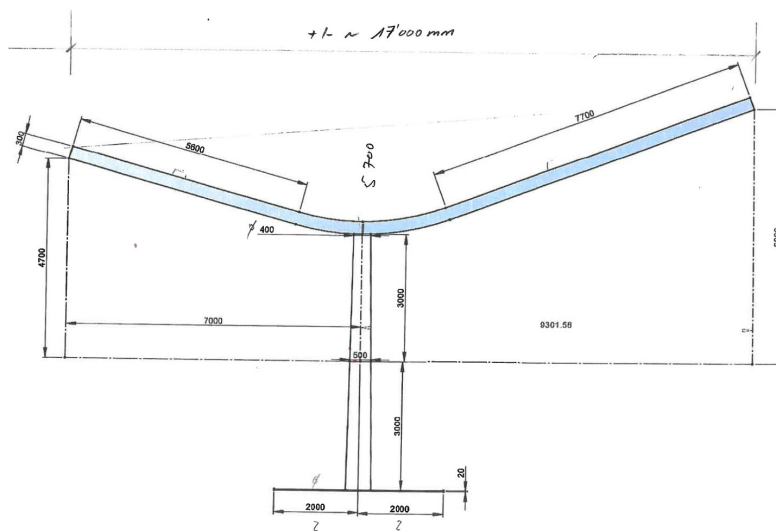


Abbildung 13: Stahlkonstruktionsvorschlag (hier noch asymmetrisch)

Der Einsatz von Stahl ist erstaunlicherweise viel kostengünstiger. Daher wird auch dieses zweite Konzept weiterverfolgt, bei dem gebogene HEB280 Stahlträger zum Einsatz kommen. Hierdurch kann relativ einfach die angestrebte Geometrie erstellt werden.

Photovoltaik

Der Einsatz von klassischen Glas-Glas Photovoltaik-Modulen mit Standardabmessungen auf einer Unterkonstruktion¹⁸ ermöglicht eine effiziente und kostengünstige Realisierung. Die Panels sind für Belastungen durch Wind, Regen und Schnee ausgelegt und haben eine 30-jährige Garantie auf 90% der Leistung (länger und höher als die Industrienorm). Die Module haben eine Überkopfzertifizierung und sind daher für solche Einsätze vorgesehen. Zudem besitzen sie die höchste Brandschutz Klasse (A: Höchste Feuerresistenz, widersteht starkem Brandbefall von aussen, Brennbare Teile dürfen nicht brennend abfallen). Ausserdem sind 98% der Modulmaterialien recyclebar.

¹⁶ <https://www.tu-braunschweig.de/abu/forschung-und-institute/ibholz-recycling-for-future-bauen-mit-altholz>

¹⁷ https://www.forum-holzbau.ch/pdf/12_HBS_2016_Mueller_Franke.pdf

¹⁸ <https://clickcon.eu/>

Ein Repowering nach ca. 40 Jahren soll gemäss Installateur durch einfaches Auswechseln der Module möglich sein, falls sich bis dahin die Standard-Masse von Modulen nicht grundlegend verändern.

Die Firma ReProSolar¹⁹ setzt mit einem Recycling von alten PV-Modulen hier an und könnte mittels der zugrundeliegenden Delaminierungstechnologie grosse Mengen Module rezyklieren. Ein solcher Prozess könnte in 30 Jahren Standard sein und einen weiteren Schritt in Richtung nachhaltiger Konstruktion führen.

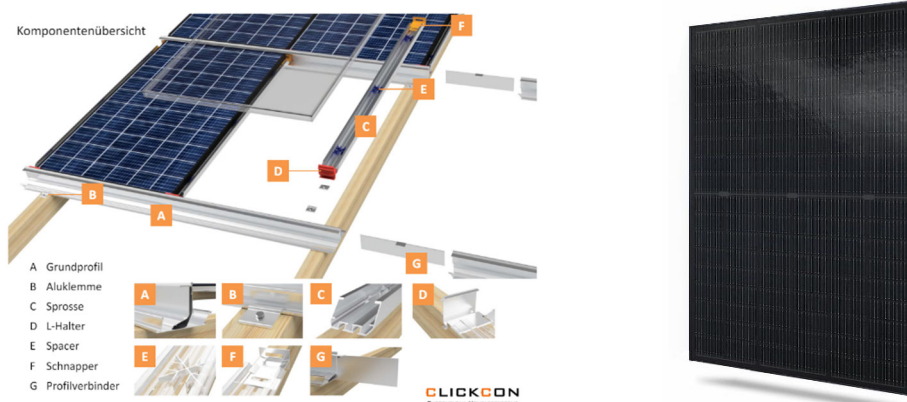


Abbildung 14: Clickcon Unterkonstruktion und Solarmodul Solitek (SOLID Bifacial Framed B.108 435W)

Durch die Ausweitung des PV-Feldes auf das unmittelbar angrenzende Land neben dem Pannenstreifen kann die doppelte Fläche genutzt werden.

Es werden bifaziale Zellen auf dem Dach vorgesehen. So kann ein, wenn auch sehr kleiner Zusatzertrag auf der Unterdachseite erwirtschaftet werden. Der Einsatz von bifazialen Zellen im Zwischenbereiche der Stützen wurde geprüft, jedoch kann nur ein geringer Mehrertrag von ca. 5-10% erwartet werden, was in einem schlechten Verhältnis zu den Installationskosten (zusätzliche Aufhängung) steht. Zudem existieren keine Ansätze für schallschluckende PV-Zellen, so dass der Schall beim Einsatz als Zwischenwand sogar verstärkt werden könnte.

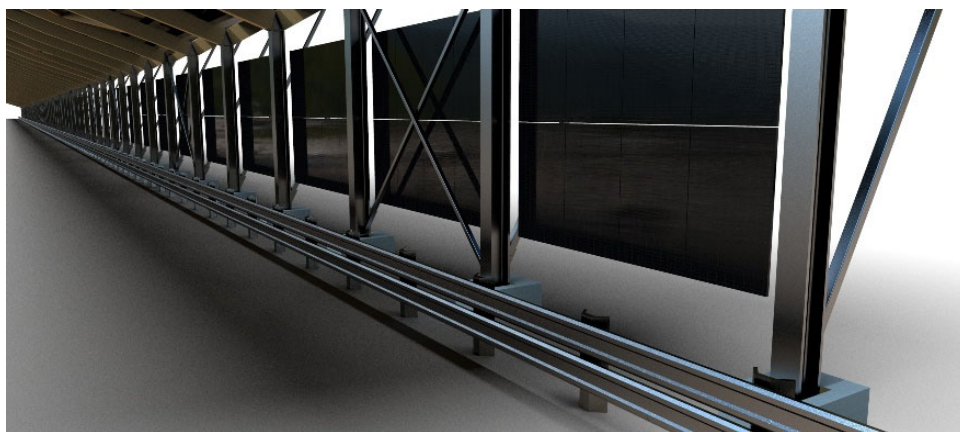


Abbildung 15: Potenzieller Einsatz von bifazialen Zellen im Zwischenraum der Konstruktion

5.2 Ertragsoptimierung

Im Sommer und vor allem über die Mittagsstunden produzieren die meisten installierten Solaranlagen am meisten Strom aufgrund der optimierten Süd-Ausrichtung. Dies führt speziell im Sommer zu einem Überangebot an Strom und muss entsprechend abgefangen werden. Im schlechtesten Falle wird der

¹⁹ <https://www.baulinks.de/webplugin/2022/0082.php4>

Strom vernichtet, im besten gespeichert, wobei hier die Infrastruktur in der Schweiz noch nicht genügend nach-gezogen ist. In vielen Ländern ist es daher bereits Pflicht eine Leistungsabregelung der PV-Anlage zu implementieren. Ausserdem zeigen Untersuchungen des CAISO, dass z.B. in Kalifornien die Stromnachfrage zur Mittagszeit gegen Null oder sogar unter Null tendiert. In Zukunft muss der Strom über Mittag also vernichtet oder bezahlt werden. Eine Optimierung auf Randstunden scheint daher ein sinnvolles Zukunftsszenario zu sein.

Simulationen haben gezeigt, dass eine Abregelung von 70% nur eine Einbusse von unter 2% bewirkt²⁰. Daher erachten wir eine Nutzung der Randstunden als insgesamt vorteilhaft. Randzeitenoptimierung wird wegen der reduzierten Ertragsoptimierung wenig berücksichtigt. Hier bietet sich nun die Möglichkeit die geplante Anlage minimal auf Randzeiten zu optimieren, was durch eine flache Anordnung der Module erreicht wird.

5.3 Fundamentierung

Jegliche grösseren Bauwerke werden heutzutage mit Betonfundamenten ausgestattet. Die Gründe liegen auf der Hand. Einerseits ist Beton hochverfügbar und kostengünstig einsetzbar und der Workflow und die Zuverlässigkeit sind erprobt und stabil. Beton hat aber eine relativ schlechte Klimabilanz, ist in den meisten Fällen nicht recyclebar und es wird in Zukunft immer schwieriger die Verfügbarkeit des richtigen Sandes sicherzustellen²¹.

Alternative Fundamenttechnologien sind für kleinere Bauwerke möglich. Hier werden z.B. Schraub- oder Rammfundamente eingesetzt, welche viele Vorteile haben. Diese können beim Rückbau problemlos wieder ausgedreht und recycelt werden. Zudem sind sie meist günstiger als Beton. Die Fundamente sind schnell gesetzt und brauchen keine Austrocknungszeit. Schraubfundamente von Krinner²² können z.B. bis 10m tief in den Boden gedreht werden und werden auch für Hausfundamente eingesetzt.

Aufgrund des weichen Bodens am Buchser Standort (Bodenproben zeigen hohen Anteil an Kies) muss aber auf Schraubfundamente verzichtet werden. Zudem bedingt die einseitige Verankerung (im Gegensatz zur Bogenkonstruktion), dass die Fundamente schwer und gross sein müssen, was zwangsweise für Beton spricht. Der Partner Implenia konnte auch aus der Forschungsabteilung keine Alternativen aufzeigen. Daher werden im vorliegenden Projekt Standard Betonpfähle von min. 7m vorgesehen. Ausstehend ist eine aktuelle Probebohrung, um die Pfähle final auszulegen. Ein Doppelpfahlsystem könnte beim erwarteten losen Untergrund zum Einsatz kommen und ist in der Kostenberechnung berücksichtigt.

²⁰<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://digitalcollection.zhaw.ch/server/api/core/bitstreams/806fa9fd-fceb-4b80-bfb8-2f0087c2dd3d/content&ved=2ahUKEwjxb2owNSJAXWR3AIHHb92KYQQFnoECBoQAQ&usg=AOvVaw2niAyiDis5uYXbzEleb0rd>

²¹<https://www.nationalgeographic.de/umwelt/2018/11/wie-sand-am-meer-wenn-ein-scheinbar-unendlicher-rohstoff-versiegt>

²²<https://www.krinner.ch/schraubfundamente>

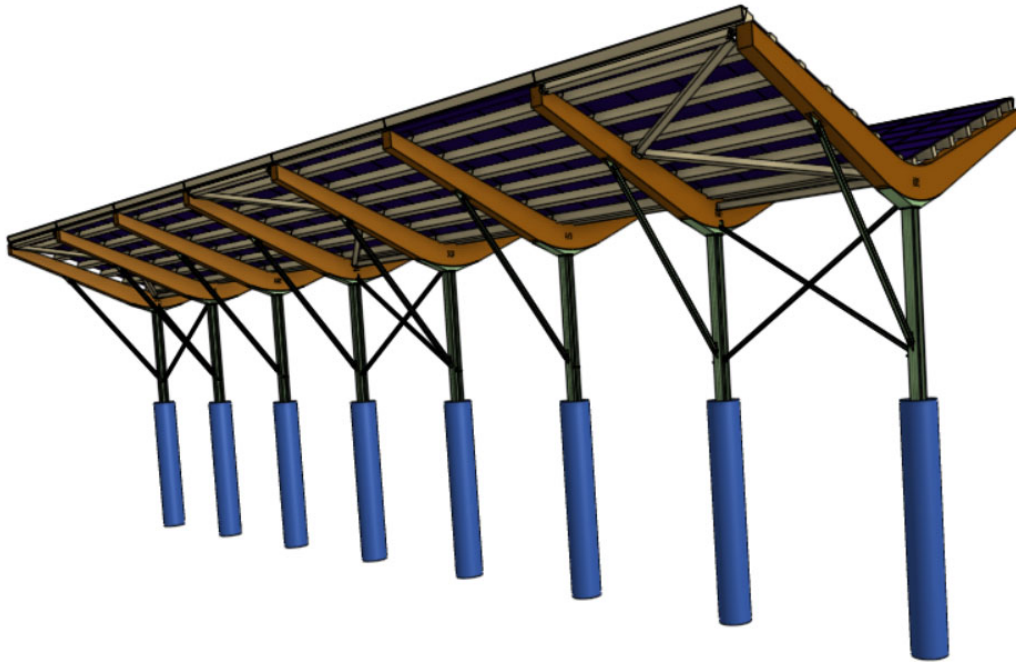


Abbildung 16: 7m lange einzeln Fundamentpfiler (Durchmesser 880mm) → Doppelpfahlsystem evtl. nötig

5.4 Eisbildung

Um eine Eisbildung an den autobahnüberspannenden Kanten zu verhindern, wurde eine speziell geneigte Abtropfkante entworfen, welche die Bildung von Eiszapfen durch das Ableiten des Tropfwassers vermindert. Zusätzlich ist die Konstruktion so ausgelegt, dass durch den Einsatz von Heizschlaufen eine 100% Sicherheit gegen Eisbildung an den Kanten gegeben ist. Diese werden erst ab tiefen Temperaturen aktiv. Der Stromverbrauch beläuft sich dabei auf ca. 100kWh / Tag. In den Wintermonaten macht dies maximal 0.4 Prozent der erzeugten Energiemenge aus. Dies ist daher vertretbar.

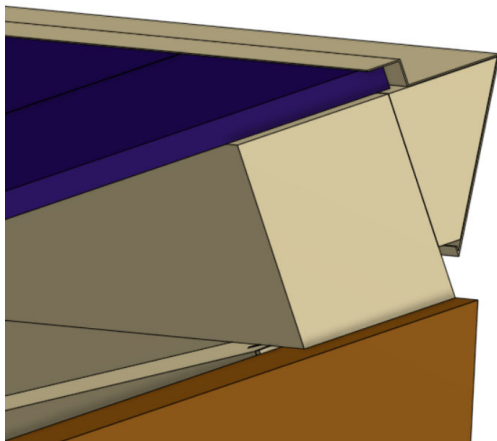


Abbildung 17: Abschlusskante über der Fahrbahn mit Spezialwinkelblech gegen Eisbildung

Weiter sind herabfallende Tropfen zwischen den PV-Modulen zu vermeiden, da dies ebenfalls zur Eisbildung beitragen könnte. Daher ist allenfalls eine Abdichtung zwischen den PV-Modulen über der Autobahnseite erforderlich.

5.5 Wasser

Regen und Schnee wird über die Panelflächen in die Mitte der Y-Konstruktion abgeleitet und von da aus an eine Ableitungsrinne und schlussendlich an Ableitungsrohre abgegeben. Diese werden in erstellte Versickerungsanlagen in der Nähe der Fundamente der Stützpfeiler geleitet. Es ist sicherzustellen, dass Versickerungswasser keinen Einfluss auf die Fundamentpfeiler hat. Dazu müssen Versickerungsversuche und theoretische Berechnungen in Zusammenarbeit mit den Ämtern durchgeführt werden.

Die Fahrbahn profitiert von einer reduzierten Belastung durch Regen unterhalb der Dachfläche. Dieser kleine Betrag kann in der finalen Finanzierung ebenfalls eingerechnet werden.

5.6 Aufprall

Die anzusetzenden statischen Ersatzkräfte für den Anprall, die im Rahmen einer Grundlagenermittlung festgelegt wurden, sind in der Norm SIA 261/2014 aufgeführt und werden für die Auslegung der Fundamente und des Tragwerks berücksichtigt. Die vorliegende Konstruktion wurde z.B. für die folgenden Lastfälle grob dimensioniert:

	Frontaler Anprall an Stützen $Q_{0,c}$ [kN]	Seitlicher Anprall an Wände und Leitmauern $Q_{0,y}$ [kN]
Autobahnen/Autostrassen	1'500 ¹⁾	600 ¹⁾
Strassen mit $v = 80$ km/h	1'000	400
¹⁾ Ausgangswerte Q_0 entsprechen den Bemessungswerten Q_d gemäss Norm SIA 261 [24]		

Abbildung 18: Tabelle äquivalente Stosskräfte für Anprall.

Die Anprallanforderung wird zusätzlich erleichtert durch den Einsatz von aufgewerteten Leitplanken. Hier könnte sich der Einsatz von W3 oder sogar N3 (gemäss SN 640 250 und SIA 350) klassifizierten Profilen lohnen, um die Anforderungen an die Stützen der Y-Konstruktion zu senken. Jedoch muss mit zusätzlichen Betonfundamenten gerechnet werden, welche die Kosten beeinflussen. Eine Optimierung in dieser Hinsicht ist ausstehend.

5.7 Brand

PV Module:

Können nach der Sicherheitsnorm DIN EN IEC 61730 geprüft werden. Es muss sichergestellt werden, dass die Module mindestens die Klasse A (Beste Klasse – Sehr begrenzte Flammenausbreitung, kein Durchzünden, keine brennenden Tropfen) erfüllen. Die vorgeschlagenen Module von SOLID Bifacial Framed B.108 435W erfüllen diese Norm.

Tragkonstruktion:

Holz bleibt im Gegensatz zu Stahl bei Brand lange tragfähig und erfordert in den meisten Fällen keinen zusätzlichen Schutz. Eine Beurteilung nach SIA 266 / SIA 261 ist nötig. Die Erreichung einer R90 oder höheren Klassifizierung das Ziel. (90 min. Tragfähigkeit bei Brand – Standard für Hochhäuser und Tunnelanlagen)

Die vorliegende Lösung sollte R90 durch mehrschichtig verleimte Holzträger, Materialoptimierung (resistente Holzart) und grosszügiger Opferholz Auslegung erreichen. Jedoch sind konkrete Tests und weitere theoretische Berechnungen auf der Grundlage von Brandszenarien unbedingt notwendig.

Die konkrete Freigabe und Absegnung der Konstruktion müssen zwingend in Absprache mit dem ASTRA erfolgen. Es sind Gutachten von vom ASTRA beauftragten Ingenieurbüros nötig, um die Berechnungen und Auslegungen zu überprüfen.

5.8 Steinschlag

Hier kann davon ausgegangen werden, dass die bei PV-Modulen bereits implementierten Vorkehrungen gegen beispielsweise Hagelschlag übertragbar sind. Ein Herabfallen von durch Steinschlag beschädigten Elementen ist bei üblichen PV-Modulen nicht zu erwarten: Die als PV-Module eingesetzten Glaslamine weisen auch bei Bruch der Glasscheibe eine Resttragfähigkeit auf, so dass entstehende Splitter festgehalten werden. Durch Verwendung von vorgespannten Gläsern entstehen zudem keine grossen Bruchstücke.

5.9 Lärmschutz

Die Lärmimmissionen aus dem Strassenverkehr sollten wenn möglich reduziert oder zumindest an relevanten Immissionspunkten nicht erhöht werden. Da das Konzept nur eine Überdachung vorsieht, sind sowohl Abschirmeffekte wie auch Schalldruckpegelerhöhungen durch Reflexionen an der Überdachung grundsätzlich möglich. Bei Vorhandensein oder gleichzeitiger Errichtung von Lärmschutzwänden am selben Abschnitt ist zumindest im Nahbereich ein komplexes Schallfeld, das von der konkreten Ausgestaltung der Lärmschutzwand abhängt, zu erwarten. Da die Baute aber im Bereich eines Schiessstandes errichtet wird, ist eine Lärmdiskussion eher unwahrscheinlich. Eine Lärmoptimierung für andere Standorte sollte aber in Betrachtung gezogen werden und entsprechend untersucht werden.

Das Potenzial einer Integration von Standardlärmschutzmodulen ist sehr gross und sollte in einem weiterführenden Projekt erörtert werden.

6. Standortfaktoren Buchs

Mit der Gemeinde Buchs wurde eine Partnerin gefunden, die sich bereit erklärt hat, der Realisierung einer Pilotanlage eine Chance zu geben. Auf rund 430 Metern soll an der A13 (mit der idealen Nord-Süd-Ausrichtung) eine Bebauung erfolgen, allerdings zunächst eine einseitige. Die ideale Nord-Süd-Ausrichtung sowie nahe Industrieanlagen als potenzielle Abnehmer sprechen für den Standort. Zudem liegt der Abschnitt in Waldgebieten und bleibt somit ausser Sichtweite der Stadt. Zusätzlich liegt es direkt neben einem Schiessstand und hat daher in Bezug auf Lärmschutzanforderungen keine hohe Priorität

6.1 Standort

Die Konstruktion soll an einem Ort nördlich von Buchs und einseitig westlich an der Autobahn E43 und parallel zum Schiessstand «Buchers Platz» erstellt werden. Eine Zufahrt für Baufahrzeuge ist durch den Schiessplatz sichergestellt. Ausserdem ist der Abschnitt bauseits waldfrei. Ein einfacher Drahtzaun trennt die Fahrbahn von der Wiese. Es sind keine Leitplanken montiert. Ein Baum auf halber Länge der Konstruktion könnte mit der Konstruktion interagieren. Hier muss wohl ein kurzer Unterbruch der Konstruktion eingeplant oder der Baum leicht zurückgeschnitten werden (Absprache Umweltamt). Die leichte Böschung im Süden des Standortes muss durch längere Fundamente ausgeglichen werden. Ein Autobahnschild muss ummontiert oder mit der Konstruktion verbunden werden.

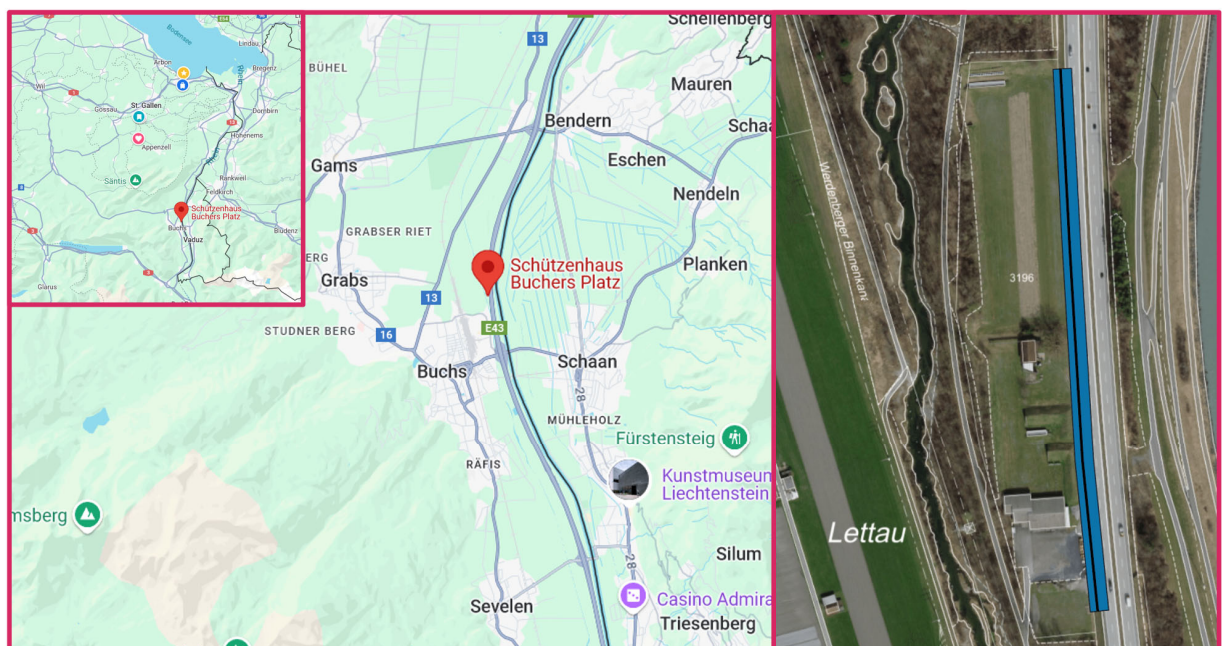


Abbildung 19: Standort in Buchs



Abbildung 20: Blick nach Norden mit Böschung Schiessplatz



Abbildung 21: Blick nach Süden mit Zufahrtstrasse und Schiessstand 30m

6.2 Netzanschluss

Der Anschluss an das Stromnetz kann am Standort Buchs gemäss Abklärungen mit dem EW Buchs (EWB²³) in 2 Varianten erfolgen:

- **Mittelspannung (20kV):** Eigene Trafostation beim Schiessplatz neben der PV-Anlage mit Mittelspannungsleitung zur Trafostation ARA. Dies hätte den Vorteil, dass jegliche Leistungsspitzen für die 940 kWp Anlage dank der hohen Übertragungsleistung sauber abgeführt werden könnten. Die Kosten sind aber hoch (ca. 750'000 Fr. – Schätzung EWB). Zudem ist eine ESTI²⁴ Bewilligung nötig. Da ein Waldstück dazwischen liegt, könnte dies schwierig werden.
- **Niederspannung:** Bestehende Trafostation bei der ARA Buchs wird zur Einspeisung genutzt. Diese Lösung ist mit (250'000 Fr. – Schätzung EWB) günstiger, aber es können wegen des geringen, bestehenden Leitungs-Querschnitts nur maximal 30% der Peak-Leistung übertragen werden, was eine Leistungsabregelung in den Peakzeiten oder eine Pufferlösung (z.B. Batterie) bedingt.

²³ <https://ewbuchs.ch/>

²⁴ <https://www.est.admin.ch/de/esti-startseite>

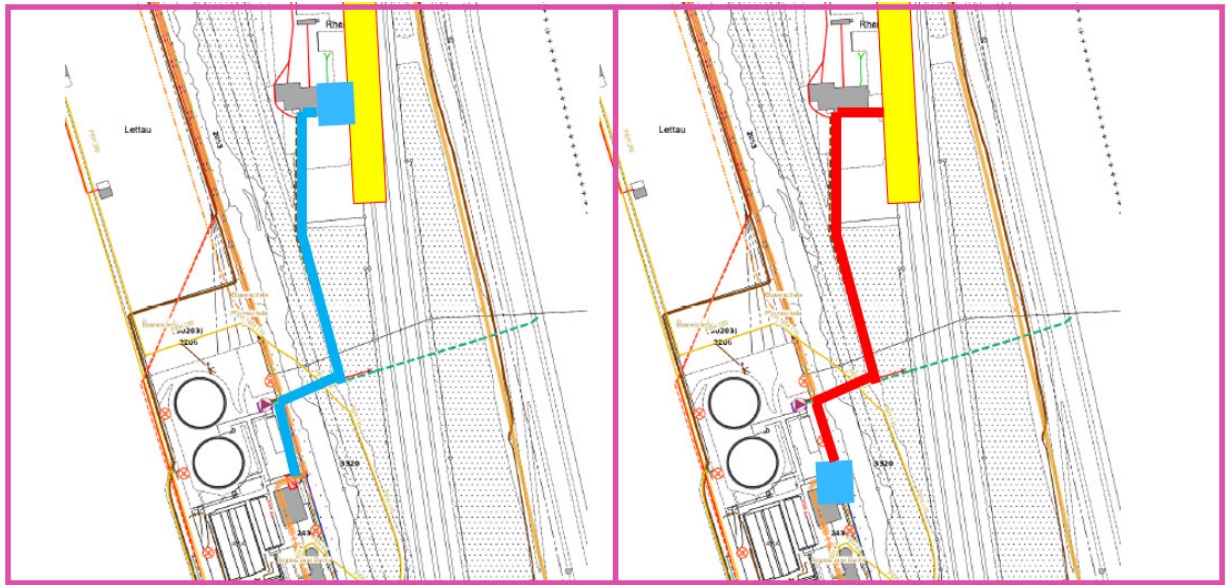


Abbildung 22: Neuer Mittelspannungstrafo an der Anlage (L) und optimierte Leitung zum bestehenden Trafo ARA Buchs (R).

6.3 Abstände zu Leitungen

Abklärungen bezüglich diverser Leitungen haben ergeben, dass sowohl Hochspannungsleitungen (Starkstromverordnung²⁵) wie auch Gasleitungen («Oleodotto»: Antike Erdölleitung – heute als Gasleitung genutzt) genügend Abstand zum Bauvorhaben besitzen.

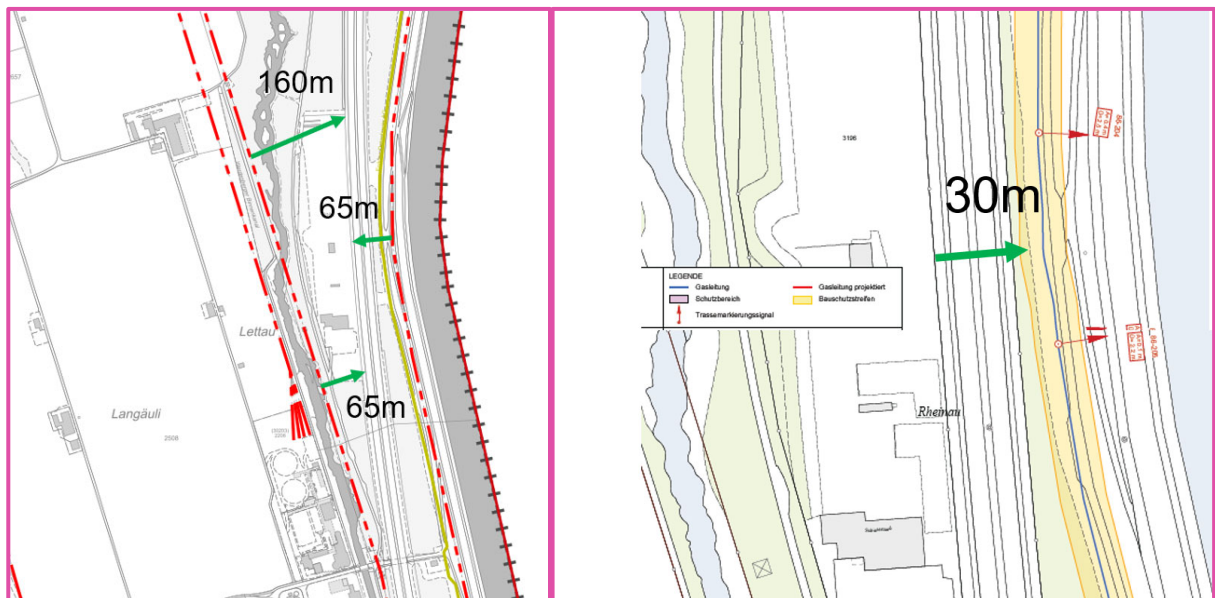


Abbildung 23: Abstände der Hochspannungsleitungen zum Bauvorhaben (L) und Abstand zur Gasleitung (R)

²⁵ https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1994/1233_1233_1233/de

6.4 Bodenbeschaffenheit

Aufgrund der Nähe zum Rhein (Abstand ca. 100m) ist beim Bodenmaterial mit viel losem und eher feuchtem Bauuntergrund zu rechnen. Im Archiv des ASTRA wurden Bodenkennwertmessungen von 1970 gefunden, die einen ersten Überblick über die zu erwarteten Bedingungen bieten. Ab 1m Tiefe muss bis in eine Tiefe von 7m mit relativ lockerem Kies gerechnet werden. Dies erhöht die Anforderungen an Fundamente und trägt zur Erhöhung der Kosten bei. Aktuelle Testbohrungen sind aber ausstehend.

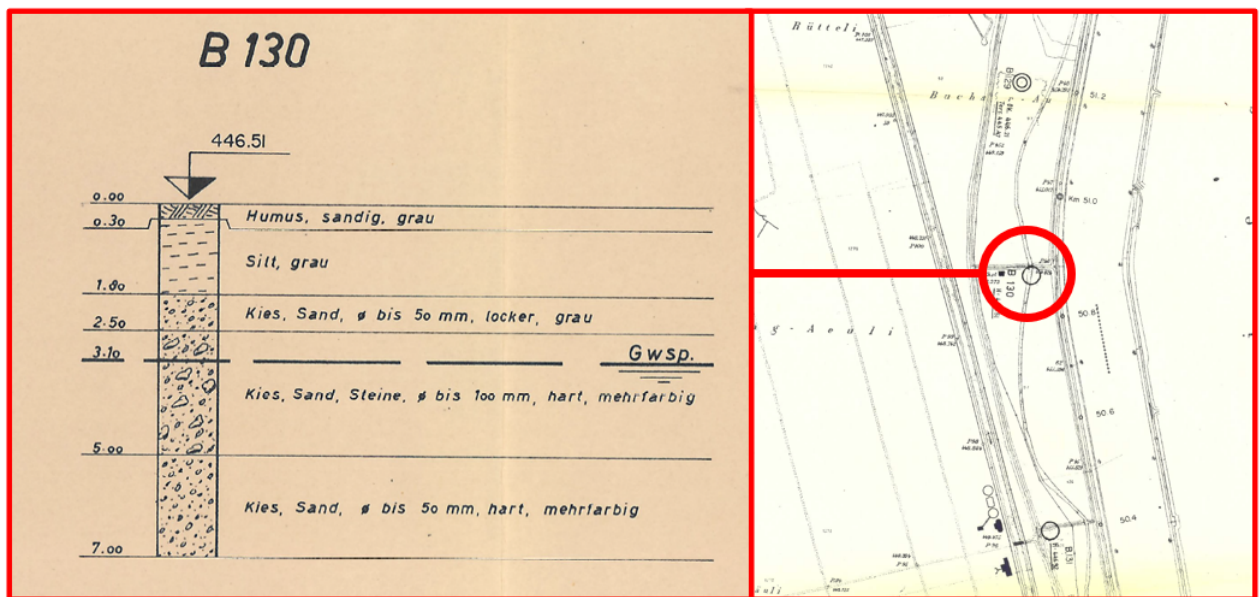


Abbildung 24: Bohrprofil im Baugebiet von 1970

6.5 Weitere Wichtige Standortfaktoren

Es gilt im Zuge weiterer Abklärungen mit den Ämtern (Amt für Umwelt SG und Rheinregulierungsbehörden (Siehe später)) Faktoren in Bezug auf Flora und Fauna zu überprüfen. Insbesondere sind Abklärungen zu angrenzenden Schutzwaldzonen, Wildzonen, Thermischem Grundwasser und dem Risikokataster einzubeziehen.



Abbildung 25: Schutzwald-, Wild-, Grundwasser- und Risikokatasterpläne

7. Wirtschaftlichkeit

Eine Abschätzung der Wirtschaftlichkeit begleitete das Projekt während der gesamten Planung. Im Sinne eines «Design to cost» Ansatzes aus der Produktentwicklung wurde kontinuierlich nachverfolgt, wie sich die Bau- und Realisierungskosten parallel zu den Realisierungsabklärungen entwickeln.

Die Dimensionen und Kosten der angestrebten Pilotanlage in Buchs sehen folgendermassen aus:

Eckdaten	
Länge	400 m
Gesamtbreite	13 m
Höhe	9 m
Fläche Y-Dach	5450 m ²
Leistung	940 kWp
Jahresproduktion	960'000 kWh

7.1 Baukosten Teilüberdachung

Die Abschätzung der Baukosten erfolgt auf verschiedenen Grobofferten der beteiligten Umsetzungspartner (Experten Implenia AG, Schöb Holzbau, Meister Stahlbau, EW Buchs, Powerarc und OST intern), sowie auf Ansätzen von Referenzanlagen.

Photovoltaik		Baumeister	
Abschätzung Solarmotion		Abschätzung Implenia	
PV Module	308'285	Installation	285'000
Wechselrichter	32'475	Leitplanken / Fahrbahnarbeiten	244'800
PV Unterkonstruktion (Click Con)	402'840	Fundament / Spezialtiefbau	839'200
Kleinmaterial + Komm	72'647	Grabarbeiten / Zuleitung	280'000
Arbeit Solarmotion	42'992	Planungskosten und Unvorhergesehenes	530'000
PV Montage, Leistungen Partner, Geb	540'623		
Unterstützung Bund	-259'189		
Total PV	1'140'673		2'179'000
Anschlusskosten		Konstruktion (H/S)	
Abschätzung EW Buchs		Variante Hybrid	
Erstellung Werkleitungstrasse	126'400	Abschätzung Schöb Holzbau	
Erstellung Stationsgebäude	109'000	Vorarbeiten	141'335
Mittelspannungsanlage	165'600	Stahlbau	527'850
Transformator	80'540	Holzbau	1'805'260
		Spenglerarbeiten	118'560
Niederspannungsverteilung	30'800	Total Holz	2'593'005
Anbindung PLS	57'400		
Anlageerde	6'500	Variante Stahl	
Anpassung Mittelspannungsanlage	61'500	Abschätzung Meister Stahlbau	
Planung/Bauleitung/Katasterarbeiter	40'000	Fertigung	610'000
Total Anschlusskosten	677'740	Feuerverzinken & Farbbeschichtung	280'000
		Montage	245'000
		Diverses	115'000
		Total Stahl	1'250'000
		Diverse	
		Sperrungskosten	150'000
		Projektleitung	350'000
		Total Diverse	500'000
Total Kosten Anlage Buchs		Holzvariante	7'090'418
		Stahlvariante	5'747'413

Abbildung 26: Eckdaten- und Kostenzusammenstellung Pilotanlage Buchs

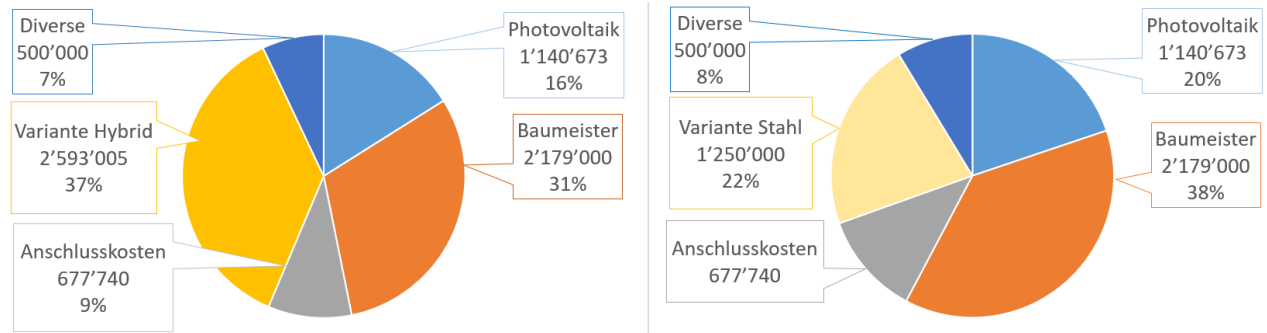


Abbildung 27: Aufteilung der Gesamtkosten: Links: Holz/Stahl Hybrid Struktur, Rechts: Reine Stahl Struktur

Photovoltaik: Die Kalkulation zeigt die Kosten von Standardkomponenten, wie sie heute in der Solarbranche üblich sind. Eine Vergütung seitens Bund ist ebenfalls eingerechnet. Und entlastet die Kosten um 260'000 Fr.

Baumeister: Es zeigt sich, dass die gesamten Fundamentbaukosten einen grossen Anteil von um die 30% einnehmen. Dies ist einerseits dem losen Untergrund und der einseitigen Verankerung geschuldet. Eine Überspannung könnte dank der statischen Stabilität mit weniger Fundament auskommen, kann jedoch so in dieser Länge und Ausführung nicht realisiert werden. Hier müsste das Powerarc Konzept stark skaliert und umgesetzt werden.

Anschlusskosten: Ebenfalls sind die Anschlusskosten durch den Einsatz eines neu aufgebauten Mittelspannungstransformators direkt an der Anlage hoch. Die maximal transportierbare Energie der bestehenden Netzzuleitung beträgt nach einem ausgebauten Leitungsquerschnitt (140kW) 1220MWh pro Jahr und ist somit grösser als der Energieertrag der Solaranlage von 960 MWh pro Jahr. Mit einem genügend grossen lokalen Energiespeicher und erweitertem Querschnitt ist der Transport des jährlichen Energieertrages durch den kontinuierlichen Energietransport auch ohne Ausbau des Anschlusses auf Mittelspannung möglich. Allerdings sind die Kosten der lokalen Energiespeicherlösung ein Mehrfaches der Ausbaukosten auf eine Mittelspannungsanlage, die rund CHF 165'600.- ausmacht. Bei den Photovoltaikkosten kann mit einer Bundesunterstützung von fast einer halben Million gerechnet werden.

Hybrid (Holz/Stahl) - Konstruktion: Die Unter-Konstruktion ist durch den Einsatz von Holz ebenfalls teuer. Gebogene Binder (verklebte Holzbalken) erhöhen die Kosten um das Dreifache. Jedoch könnte der Einsatz von Holz durch das CO2 Argument (Holz aus der Umgebung, Stärkung lokales Gewerbe) gerechtfertigt sein. Jedoch steht eine detaillierte CO2 Analyse der zwei Varianten noch aus.

Reine Stahl-Konstruktion Durch den Einsatz einer reinen Stahlkonstruktion könnten die Kosten massiv (um -19% von 7.09 auf 5.74 Mio) gesenkt werden. In der vorliegenden Offerte ist die Feuerverzinkung (EN ISO 1461) und Farbbeschichtung des Stahls inbegriffen, so dass mit einer langen Lebensdauer gerechnet werden kann.

Alle Zahlen sind Grobabschätzungen und basieren auf Richtpreisofferten ohne genaue Detailierung.

7.2 Ertragsabschätzung Teilüberdachung

Um den Ertrag abzuschätzen wurde eine Simulation des Instituts SPF der OST mit der Photovoltaik Software PVSyst durchgeführt. Diese errechnete den Ertrag eines Jahres über einen Abschnitt von 15.5 Metern, was drei Modulen entspricht. Diese Angaben wurden auf eine Gesamtsumme für eine 400 m lange Überdachung skaliert:

Ertrag durch PV Anlage (400m Länge, 5450 m²) pro Jahr: **960'000 kWh @ 940 kWp**

Bei einem aktuellen Stromabnahmepreis von um 15 Rp/kWh ergibt sich demnach ein Solarertrag von 144'000 Fr. / Jahr.

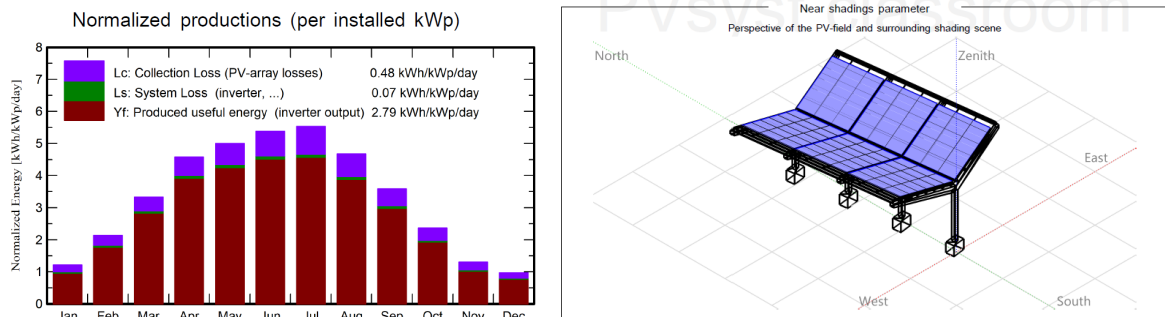


Abbildung 28: Simulationswerte der Software PVsyst vom Institut für Solartechnik der Fachhochschule OST²⁶

Auf dieser Grundlage wurde nun ein projizierter Ertrag in die Zukunft durch den Verkauf des Stromes an den Elektrizitätsnetzbetreiber errechnet (SAK/EWB). Dazu wurde der aktuell gültige Vergütungsansatz für Grossproduzenten²⁷ von um 15 Rp/kWh (ab 150 kVA) leicht abnehmend auf 12.5 Rp/kWh verwendet. Eine Rücksprache mit dem Netzbetreiber SAK hat ergeben, dass langfristige Aussagen über den Strompreis sehr vorsichtig zu verwenden sind, da diese von vielen Faktoren abhängen (Wirtschaftsentwicklung, politische Entscheide, Umweltbedingungen, Gesellschaftliche Faktoren etc.). Es wird aber in Unternehmenskreisen mit einer leicht fallenden Entwicklung für die nächsten 20 Jahre gerechnet.

7.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Teilüberdachung

Zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit («Discounted Cashflow») wurden folgende Annahmen getroffen:

- Stromertrag: Abnahme der Ertragsleistung aufgrund einer jährlichen Degradation von 0.5%
- Einspeisevergütung: Rücklieferarif abnehmend von 13.5Rp/kWh auf 11.0Rp/kWh innerhalb der ersten 5 Jahre, anschliessend konstant. Zuzüglich 1.5Rp/kWh für den Herkunftsnachweis (HKN) konstant über den Betrachtungshorizont
- Unterhaltskosten: 1% der Anschaffungskosten der Photovoltaikmodule pro Jahr für Wartung, Reinigung, Versicherung und kleinere Reparaturen sowie 0.5% als Rücklage für grössere Reparaturen und Ersatzteile.
- Austausch Wechselrichter: Wechselrichter werden nach einer Lebensdauer von 15 Jahren bei Ersatzkosten von CHF 4'000.- pro Wechselrichter ausgetauscht.
- Administrations- und Betriebskosten: CHF 3.20 pro kWp jährlich
- Diskontierungssatz: 1%

²⁶<https://www.ost.ch/de/forschung-und-dienstleistungen/technik/erneuerbare-energien-und-umwelttechnik/spf-institut-fuer-solartechnik>

²⁷https://www.sak.ch/downloads/strom/strom-selber-produzieren/ruecklieferungspreise/ruecklieferprodukte_2024_energie.pdf

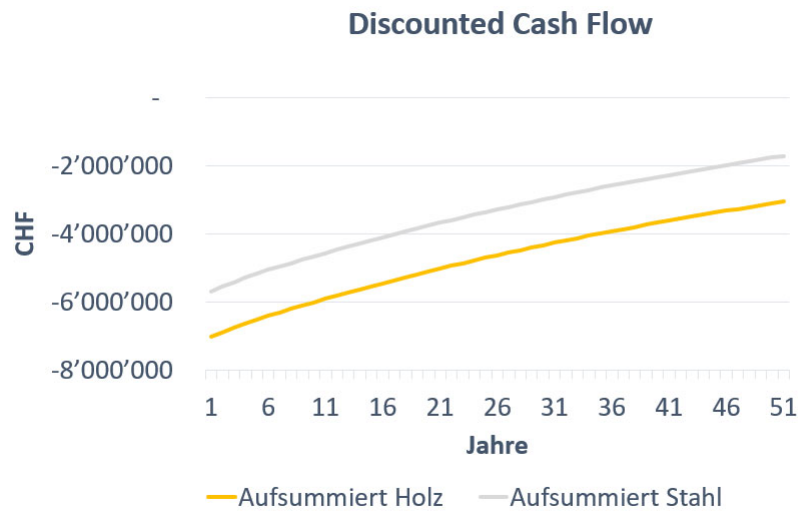


Abbildung 29: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Pilotanlage in Hybrid (Holz/Stahl) oder reiner Stahl Ausführung

Der über die Lebensdauer der Anlage von 50 Jahren aufsummierte, diskontierte Cashflow (vgl. Abbildung 28) beträgt unter den getroffenen Annahmen rund -3 Mio. Schweizer Franken bei der Holz-Stahl-Variante, bzw. -1.7 Mio. mit reinem Stahlbau. Dies bedeutet, dass die Wirtschaftlichkeit unter diesen Prämissen nicht gegeben ist – jedoch scheint zumindest der Stahl Ansatz in eine interessantere Region vorzustossen.

8. Bewilligungsablauf und Dokumente

8.1 Vorprüfung der ASTRA

Weiter muss in einem Prozess mit dem ASTRA in einer weiteren Vorprüfung der Projektunterlagen sichergestellt werden, dass nichts vergessen und unberücksichtigt wurde. Die Zustimmung des ASTRAS ist in dieser Phase zentral, denn ohne die Zustimmung des ASTRA (als Eigentümerin) kann keine gültige Baubewilligung erteilt werden. Die Gemeinde holt diese Zustimmung im Rahmen des Verfahrens ein, aber sie muss vom Projektträger vorgängig eingeholt werden. Diese Zustimmung erfolgt nach einer vorläufigen Beurteilung des Projekts durch die ASTRA-Infrastrukturfiliale, insbesondere durch die Baupolizei. Im eigentlichen kantonalen Baubewilligungsverfahren wird das ASTRA zusätzlich noch zur Stellungnahme eingeladen. Anschliessend kann in einen Baugesuchsprozess eingestiegen werden

Der Ablauf teilt sich grob in folgende Phasen ein:

Vorbereitungsphase

- Unterlagenbeschaffung (inkl. Archivunterlagen)
- Abklärung mit dem Bereich Projektmanagement von ASTRA / Überschneidungen mit anderen Projekten
- Ausarbeitung des Detailprojekts für das spezifische Objekt. Dieses enthält technische Angaben, Sicherheitskonzepte, Zugänge, statische Berechnungen und Netzanbindung.
- Vorprüfung durch ASTRA-Baupolizei zur Grobbeurteilung und Machbarkeit: Einhaltung der technischen und betrieblichen Anforderungen, Auswirkungen auf Verkehrssicherheit und ASTRA-Infrastruktur, Lichtraumprofil, Rückhaltesysteme, Blend- und Brandgefahren, Einhaltung von Normen (z. B. SN-Normen, ASTRA-Richtlinien). Bei Bedarf zieht die Baupolizei interne Fachstellen hinzu (z. B. Fachunterstützung, Erhaltungsplanung, Rechtsdienst).

Zustimmungen (Parallel oder nach der Vorprüfung):

- Zustimmung durch Grundeigentümer (Falls neben der ASTRA noch andere Eigentümer betroffen sind (z. B. bei angrenzenden Grundstücken), müssen deren Zustimmungen ebenfalls eingeholt werden), intensive Abklärungen mit Betroffenen Stakeholdern. Z.B. Antrag auf Netzanschluss beim lokalen Stromversorger

Vorprüfung:

- ASTRA-Vorprüfung (technisch, sicherheitsbezogen). Die ASTRA-Baupolizei gibt im Rahmen der Vorprüfung Empfehlungen zur Optimierung des Projekts. Diese können z. B. Anpassungen an der Platzierung, Zugangswege oder verkehrstechnische Auflagen betreffen.

Baugesuch mit doppelter Genehmigung

- Einreichung des Baugesuchs bei der zuständigen Standortgemeinde
- Durchführung des baurechtlichen Bewilligungsverfahrens durch die Gemeinde
- Erhalt der Baubewilligung durch die Standortgemeinde
- Zusammenstellung des vollständigen Bewilligungsdossiers für ASTRA
- Prüfung und Erteilung der Nutzungsbewilligung durch ASTRA (ohne Publikation) in Bezug auf Verkehrssicherheit, Infrastrukturverträglichkeit, rechtliche Aspekte usw.

Umsetzung & Betrieb

- Realisierung und Betrieb der PV-Anlage durch den Projektträger. Nach Genehmigung erfolgt Bau in Eigenverantwortung des Projektträgers. ASTRA begleitet Umsetzung punktuell und kontrolliert Einhaltung der Vorgaben
- Falls notwendig: Abschluss einer zusätzlichen Nutzungsvereinbarung mit der Gebietseinheit

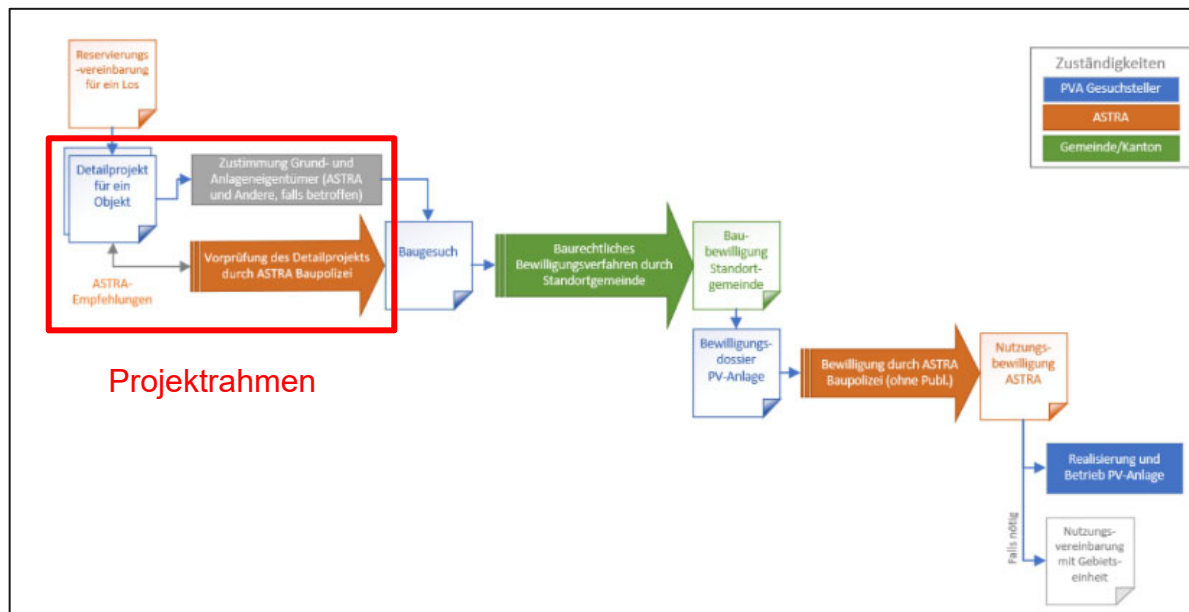


Abbildung 30: Prozessablauf²⁸ für ein ASTRA Projekt (rot: Projektbereich)

8.2 Dokumente

Im Folgenden wird eine Auflistung der für den Bewilligungsprozess benötigten Dokumente zusammengestellt. Die meisten der erforderlichen Dokumente können auf der Webpage des ASTRAS eingesehen werden, oder bei der ASTRA angefordert werden. Baugesuche sind bei den meisten Gemeinden oder direkt beim Kanton ebenfalls digital herunterladbar oder können angefordert werden. Im Falle Buchs ist ein direkter Link über das Kantonale Bauamt²⁹ mit Buchser Konfiguration abrufbar.

1. Projektgrundlagen & Standortnachweise

- Katasterplan und Grundstücksgrenzen
- Situationsplan (1:500 oder 1:1000), mit Eintrag der PV-Anlage
- Luftbild mit eingezeichneter Anlage
- Auszug aus Zonenplan (inkl. Angabe zu Schutzzonen, Baulinien etc.)
- Eigentumsnachweis (ASTRA oder Dritte)

²⁸ASTRA Projekthandbuch: Bau und Betrieb von Photovoltaikanlagen Dritter auf Rastplätzen und Lärmschutzwänden

²⁹<https://www.sg.ch/bauen/baugesuch-baubewilligung/baugesuch-einreichen.html>

- Einverständniserklärungen benachbarter Grundeigentümer (falls Zugang erforderlich)
- Reservationsvereinbarung mit ASTRA (nur für Teilnehmer von PV-Ausschreibungen)
- Bestätigung über die Pachtverhältnisse, falls anwendbar

2. Technisches Projekt & Bauausführung

- Technischer Bericht
 - Projektbeschreibung
 - Energieertrag, technische Leistungsdaten, Wirtschaftlichkeit
 - Montagekonzept
 - Variantenprüfung / Standortwahl
- Pläne
 - Grundriss, Schnitt und Fassadenpläne der PV-Anlage
 - Einbaupläne für Modulfeld, Kabelwege, Unterkonstruktion
 - Lageplan mit Anbindung an Netzverteilung
 - Detaildarstellung der Befestigungen
- Tragwerksplanung
 - Statikbericht inkl. Wind/Schneelasten (nach SIA 261³⁰)
 - Nachweis Tragstruktur LSW/Stützmauer nach ASTRA 12008 & SIA 261³¹
- Gutachten und Schutzkonzepte
 - Blendgutachten (inkl. Reflexionsgrad, Antireflexbeschichtung - Gutachterverzeichnis³²)
 - Lärmgutachten (Absorptionswert A3 nachweisen, SN EN 1793³³ / 1794³⁴ und ISO 354³⁵)
 - Lichtreflexionsgutachten (sofern erforderlich)
 - Altlastenabklärung (bei Bodenarbeiten)
 - Blitzschutzkonzept (inkl. Blitzschutzzertifikat)
 - Überspannungsschutzkonzept (VKF gemäss)
 - Hagel/Starkregen/Naturgefahrenbewertung
 - Gutachten zu Flora/Fauna (bei Eingriff in ökologisch sensible Flächen)
- Bauablauf / Baustellenorganisation
 - Detaillierter Bauphasenplan mit Terminierung
 - Verkehrsführungskonzept für Bauphase
 - Lager/Zugangsplanung inkl. Zufahrt
 - Signalisation und Baustellensicherheit
 - Bauzaunplanung

³⁰<http://shop.sia.ch/normenwerk/architekt/sia%20261/d/2020/D/Product>

³¹https://www.astra.admin.ch/dam/astra/de/dokumente/standards_fuer_nationalstrassen/astra_12008_anpral_vonstrassenfahrzeugenaufbauwerksteilevonkunst.pdf.download.pdf/astra_12008d.pdf

³²<https://www.swissolar.ch/de/angebot/fachleute-finden/pv-gutachter-innen-verzeichnis?locale=de>

³³<https://connect.snv.ch/de/sn-en-1793-1-2019>

³⁴<https://connect.snv.ch/de/sn-en-1794-1-2012>

³⁵<https://www.dinmedia.de/de/norm/din-en-iso-354/62829121>

- ASTRA Dokumentation 86024 (Verhalten bei Arbeiten auf Nationalstrasse) einhalten³⁶

3. Energieanbindung & Netzkonzepte

- Technische Datenblätter Wechselrichter
- AC/DC Schaltpläne
- Einspeisekonzept
- Anschlussbewilligung / Vertrag mit Verteilnetzbetreiber (VNB)
- Nachweis über Netzanschlusspunkt
- Sicherungs- und Schutzgerätebeschreibung
- Rückspeisevertrag bzw. Herkunftsnachweise (HKN)
- Eigenverbrauchsanteil und Rückspeisetarif-Berechnung

4. Betrieb, Wartung & Rückbau

- Unterhalts und Wartungsplan
- Konzept zur Fernüberwachung und Alarmmeldung
- Selbstreinigung / Reinigungskonzept
- Konzept Bewuchsmanagement
- Rückbau und Entsorgungskonzept
- Konzept Modulinspektion & Sichtprüfung
- Versicherungspolice Haftpflicht + letzte Prämienquittung

5. Sicherheits- & Notfallmanagement

- Notfallkonzept
 - Notabschaltung
 - Brandbekämpfungsplan
 - Splitterschutz
 - Diebstahl & Vandalismusabsicherung
- Schulungsnachweise für Monteure (ASTRA Sicherheitsrichtlinien)
- Liste und Nachweise über elektrische Zulassungen (z. B. Niederspannungsinstallationsverordnung)
- Sicherheitsnachweis gemäss ESTI-Richtlinie Nr. 220³⁷
- Unfallverhütungsnachweis (SUVA, VKF)

6. Diverse ASTRA spezifische Anhänge & Nachweise

- Prüfbericht gemäss ASTRA-Richtlinie 12001 durch zugelassenen Prüfsachverständigen
- Technisches Pflichtenheft ASTRA Bauteile-Energieversorgung³⁸

³⁶https://www.astra.admin.ch/dam/astra/de/dokumente/standards_fuer_nationalstrassen/astra_86024_verhaltenbearbeitenaufnationalstrassen2011v291.pdf.download.pdf/astra_86024d.pdf

³⁷https://www.esti.admin.ch/inhalte/ESTI_220_0621.pdf

³⁸[https://www.astra.admin.ch/dam/astra/de/dokumente/abteilung_strasseninfrastrukturallgemein/photovoltaik/technisches-merkblatt.pdf.download.pdf/Technisches%20Merkblatt%20Bauteile%202023%20001-11190%20Bauteile%20-%20Energieversorgung%20\(Entwurf\).pdf](https://www.astra.admin.ch/dam/astra/de/dokumente/abteilung_strasseninfrastrukturallgemein/photovoltaik/technisches-merkblatt.pdf.download.pdf/Technisches%20Merkblatt%20Bauteile%202023%20001-11190%20Bauteile%20-%20Energieversorgung%20(Entwurf).pdf)

- Technisches Pflichtenheft Lärmschutzwände³⁹
- Projekthandbuch PV-Anlagen Dritter⁴⁰
- Einhaltung ASTRA-Richtlinie 11001 Lichtraumprofil⁴¹
- Angaben zur Beeinträchtigung bestehender Infrastruktur
- Nachweis über Einhaltung ASTRA-Richtlinie 16350 Baupolizeilicher Ablauf
- Umweltrelevanz-Matrix (gem. ASTRA 18002 Umwelt-Checkliste⁴²)
- Umweltnotiz oder Umweltverträglichkeitsbericht
- Liste der geplanten Standard- & spezifischen Umweltmassnahmen
- Behinderungs-Zeitfensterplanung gemäss ASTRA 86023⁴³
- In Absprache mit ASTRA sind je nach Situation/Konstruktion weitere Dokumente hinzuzuziehen

³⁹https://www.astra.admin.ch/dam/astra/de/dokumente/abteilung_strasseninfrastrukturallgemein/photovoltaik/anhang3a-pflichtenheft-laermschutzwaende.pdf.download.pdf/Anhang%203A%20-%20Technisches%20Pflichtenheft%20-%20L%C3%A4rmschutzw%C3%A4nde.pdf

⁴⁰https://www.astra.admin.ch/dam/astra/de/dokumente/abteilung_strasseninfrastrukturallgemein/photovoltaik/projekthandbuch-pv-anlagen-dritte.pdf.download.pdf/Projekthandbuch%20PV-Anlagen%20Dritter.pdf

⁴¹https://www.astra.admin.ch/dam/astra/de/dokumente/standards_fuer_nationalstrassen/richtlinien/astra_11001_normalprofileraetplaetzeundraststaetternationalst.pdf.download.pdf/astra%2011001d.pdf

⁴²https://www.astra.admin.ch/dam/astra/de/dokumente/standards_fuer_nationalstrassen/astra_18002_checklisteumweltfuernichtuvp-pflichtigenationalstras.pdf.download.pdf/astra%2018002d.pdf

⁴³https://www.astra.admin.ch/dam/astra/de/dokumente/standards_fuer_nationalstrassen/astra_86023_methodeumweltfuernichtuvp-pflichtigenationalstras.pdf.download.pdf/astra%2086023d.pdf

9. Fazit

9.1 Konstruktive Betrachtung Teilüberdachung

Es zeigt sich, dass das Unterfangen Strom von der Autobahn aus konstruktiver und technischer Sicht **grundsätzlich machbar** ist, jedoch einige Punkte aufzeigt, welche noch vertieft erörtert werden müssen:

- **Im Falle Holz Brandverhalten Holzkonstruktion:** Die Erreichung der R90 Klassifizierung muss vertieft geprüft und sichergestellt werden.
- **Eisbildung:** Versuche mit den Vorschlägen für die Abschlusskante müssen durchgeführt werden.
- **Versickerungslösungen** müssen dimensioniert werden und mit den Umweltämtern und den Berechnungen für die Fundamente ausgelegt werden.
- Eine **Unterteilung der Konstruktion** in zwei Anlagen muss evtl. wegen dem Baum im Mittelteil der Fläche in Betracht gezogen werden.
- **Aufprall:** Eine gute Aufteilung der Aufprallkräfte in Leitplankenabsorption und Anlagensäulenabsorption könnte eine weitere Optimierungsstrategie für die Baukosten sein.

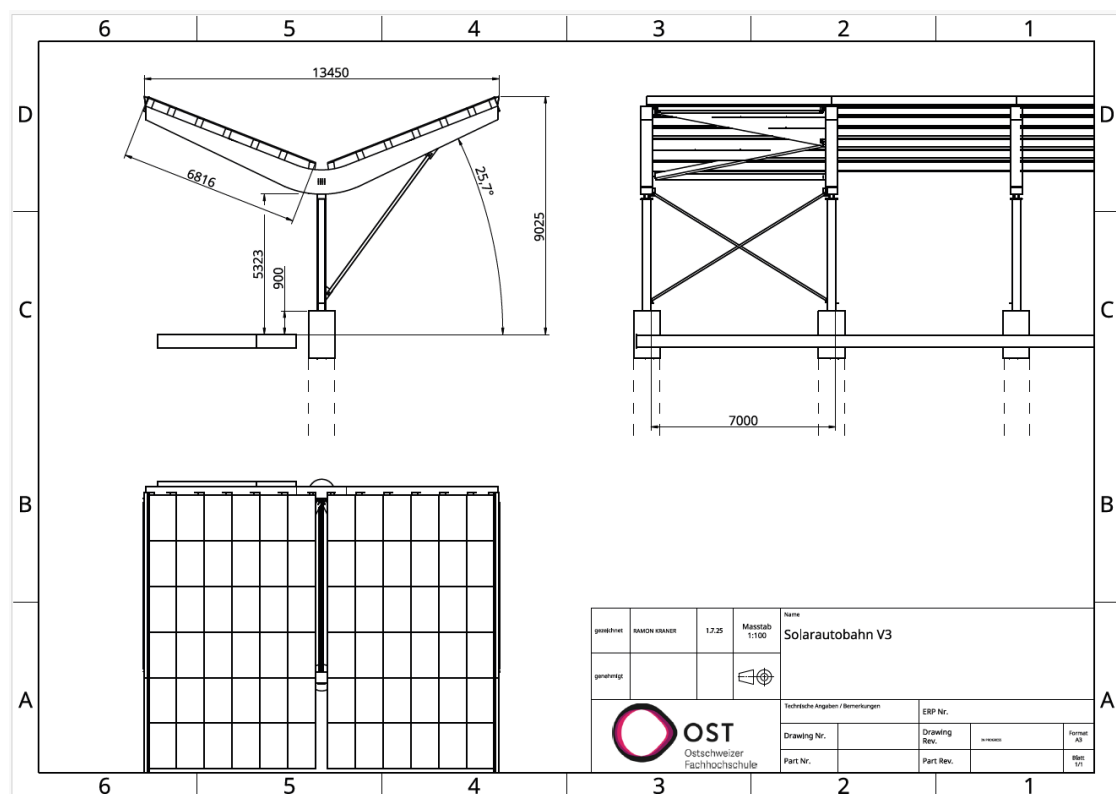


Abbildung 31: Konstruktionszeichnungsentwurf

9.2 Wirtschaftliche Betrachtung Teilüberdachung

Ein positiver ROI stellt sich bei der aktuellen Betrachtung über die Lebensdauer der Anlage **NICHT** ein. Es sind Baukostenoptimierungen und alternative Strategien zum Absatz der Stromproduktion zu prüfen:

- Nutzung von **neuen Ertragsmodellen** wie virtuelle ZEV und Lokale Elektrizitätsgemeinschaften (LEG), welche neue Verrechnungs- und Nutzungsmöglichkeiten bieten oder Nutzung von Crowdfundingplattformen wie solarify.⁴⁴
- **Anschlusskosten ans Mittelspannungsnetz** sind sehr hoch und könnten durch den Einsatz einer Batteriepufferung reduziert werden, jedoch durch die Batterieinstallationskosten wieder in einem Nullsummenspiel enden. Dieser Punkt wird im Kapitel Anschlussprojekte nochmals aufgegriffen
- **Fundamentkosten:** Die sehr hohen Baukosten könnten durch den Einsatz von weniger, aber leicht grösseren Fundamenten optimiert werden. Durch den schlechten Bauuntergrund müssen die Fundamente sehr gross ausgelegt werden. Dies könnte durch eine Anpassung des Standorts evtl. leicht entschärft werden. Abschätzungen von Implenia zeigen Einsparungen von ca. 0.4 Mio bei optimalem Baugrund auf.
- **Stahl statt Holz:** Eine Stahlkonstruktion bietet einen grossen Hebel für eine Kostenreduktion (ca. 1.3 Mio.). Jedoch sollte eine genaue Prüfung der CO₂ Bilanz der zwei Varianten Holz und Stahl durchgeführt werden.
- **Skalierung der Anlage:** Durch eine Verlängerung können die Gesamtkosten pro m² Solarfläche (aktuell bei 1260 CHF / m² Solarfläche) reduziert werden. Bei einer Verlängerung um den Faktor 10 könnten durch Synergieeffekte Kosten unter 1100 CHF / m² erreicht werden. Mit einer Optimierung der PV-Leistung (Dachfläche vergrössern, effizientere Solarmodule) einer Optimierung der Fundamentkosten/Konstruktion und alternativen Finanzierungsmodellen könnte eine wirtschaftliche Nutzung in erreichbare Nähe rücken, bleibt jedoch ein ambitioniertes Unterfangen.

9.3 Realisierung Pilotanlage

Die Realisierungsstudie hat das Umsetzungspotenzial mittels eines realisierbaren Konzeptes aufgezeigt. Der aktuelle Stand bietet eine breite Grundlage, um in die Detailierung zu starten. Es sind vertiefte Abklärungen mit diversen Ämtern, Stellen und Ingenieurbüros nötig, um einerseits die Auslegungen der verschiedenen Auflagen weiter zu prüfen und abzusegnen und andererseits die Konstruktion weiter zu verfeinern. So sind beispielsweise vertiefte Gespräche mit dem Amt für Umwelt SG zu führen, um spezifische Anforderungen in Bezug auf Grundwasserfassung, Naturschutz, Wildlebensraum, Schutzwald, Waldbewirtschaftung etc. zu prüfen. Bis dato sind hierzu im anvisierten Gebiet keine «Show Stopper» bekannt. Zusätzlich sollten in Bezug auf das Risikokataster Organisationen wie der Alpenrhein⁴⁵, Rheinregulierung⁴⁶ oder Rhesi⁴⁷ kontaktiert werden.

Zentral für die Realisierung der Anlage ist die Gemeinde. Im Falle Buchs wurde eine kooperative, interessierte und energiebewusste Gemeinde gefunden, welche für das Projekt eine solide Grundlage bietet.

Erste Gespräche mit dem ASTRA haben gezeigt, dass das Projekt eine gute Richtung einschlägt und die grössten Knackpunkte beseitigt wurden (insbesondere die Überdachungsproblematik). Bezogen auf den obigen Prozess wurden die ASTRA Empfehlungen eingearbeitet. In einem nächsten Schritt wird eine

⁴⁴ <https://solarify.ch/>

⁴⁵ <https://www.alpenrhein.net/Sicherheit-Nutzung/Hochwasserschutz>

⁴⁶ <https://rheinregulierung.org/>

⁴⁷ <https://rhesi.org/das-ist-rhesi>

weitere Synchronisation mit dem ASTRA vorgeschlagen, um Unstimmigkeiten frühzeitig aufzudecken. Danach kann eine detaillierte Aufarbeitung des Baugesuchs angegangen werden.

9.4 Best-Case Szenario

Basierend auf den vorherig geschilderten Erkenntnissen lässt sich ein «Best-Case» Szenario ableiten, welches auf folgenden Prämissen basiert:

Standortbedingungen optimieren

- **Bodenbeschaffenheit:** Bei festem Untergrund: Einsatz von **Schraub- oder Rammfundamenten** statt Beton. Dadurch sind Einschränkung der Photovoltaikfläche möglich, da das Gewicht mit diesem Ansatz geringer gehalten werden muss, denn alternative Fundamente sind weniger performant.
- **Zugang & Logistik:** Gute Zufahrtswege, keine Wildtierkorridore oder ökologischen Ausgleichsflächen, keine Naturschutzzonen, keine aufwendige Baumrodung, dies reduziert **Sperr-, Umleitungs-, und Verhandlungskosten**.
- **Netzanbindung:** Direktanschluss an eine **bestehende Mittelspannungs-Trafostation** spart bis zu 500'000 Fr. im Vergleich zum Neubau.
- **Energie-affine Gemeinde**

Design- und Konstruktionsoptimierung

- **Modularität:** Wiederholbare, einfache Modulkonstruktion mit industriell vorgefertigten Bauteilen.
- **Hybridbauweise oder reine Stahlkonstruktion:** Kombination aus Holz und Stahl ist nachhaltig, lokal verfügbar, langlebig. Hingegen bietet der Einsatz einer reinen Stahlkonstruktion eine grosse Kostenreduktion von 1.3 Mio. im vorliegenden Fall.
- **Fundamentreduktion:** Weniger, aber grössere Pfeiler mit statischer Optimierung. Dies resultiert in kleineren Eingriffsflächen und reduzierten Fundamentkosten. Anprallauslegung in Kombination mit verstärkten Leitplanken sind zu prüfen. Leitplankenfundamente in Kombination mit Pfeilern ausführen, falls möglich.
- **Flächenerweiterung:** Ausweitung der PV-Fläche auf angrenzende Wiesen/Flächen

Energie

- **Bandenergie:** Einsatz von Energiespeicherlösungen zur Bereitstellung von Bandenergie (Zukunftssicherheit).
- **Smart Monitoring:** Früherkennung von Ausfällen, optimierte Wartung.

Kostenreduktion durch Timing & Koordination

- **ASTRA-Sanierungen koordinieren:** Bauphase parallel zu ohnehin geplanten Massnahmen → Reduktion von Sperr-/Verkehrskosten.
- **Segmentierung unter 300 m:** Umgehung der Tunnelverordnung (SIA 197), reduziert Planungskomplexität und Auflagen.

Finanzierung und Betrieb

- **ZEV oder LEG-Modell:** Lokaler Stromverkauf an Industrie in direkter Umgebung (statt Einspeisung ins Netz).

- **Fördermittel & Partnerschaften:** Kombination aus Bundesförderung (Einmalvergütung), Innovationsfonds, Innosuisse, Gemeinden.
- **Crowdfunding & Bürgerbeteiligung:** Solarify/Genossenschaftsmodelle schaffen Akzeptanz und Kapital.
- **Skalierung:** Bei Verlängerung des Systems (z. B. 10×400 m) sinken Kosten/m² leicht

Ein **modulares, reines Stahlbasiertes Teilüberdachungssystem**, entlang eines bestehenden Sanierungsabschnitts mit **Schraubfundamenten**, direkter Netzankepfung, **ZEV-Modell**, zusätzlicher Nutzung der Wiesenfläche, **bifazialen Hochleistungsmodulen**, realisiert mit starken Partnern und Bürgerbeteiligung, könnte die Investitionskosten **von 7 Mio. CHF stark reduzieren**.

9.5 Vergleich zu alternativen Lösungen

Die Teilüberdachung, wie sie hier vorliegt ist **aus technischer Sicht machbar**, aber:

- **wirtschaftlich nur tragfähig bei Zusatznutzen** (z. B. Lärmschutz, ASTRA-Synergien),
- **politisch und administrativ aufwendig**, mit hohem Abstimmungsbedarf,
- und sollte **nicht als Standardlösung** im PV-Ausbau gelten, sondern als **Pilot oder Leuchtturmprojekt mit Signalwirkung**.

Im Folgenden soll der Vergleich zu anderen Möglichkeiten der Solarstromproduktion aufgezeigt werden:

A) Teilüberdachung von Autobahnen

Vorteile:

- Nutzung bestehender, versiegelter Flächen ohne zusätzlichen Flächenverbrauch.
- Potenzial für Mehrfachnutzen: **Lärm- und Sichtschutz, Wetterentlastung** der Fahrbahn
- Möglichkeit zur Integration in Infrastruktureneruerungen (z. B. ASTRA-Projekte).

Nachteile:

- **Sehr hohe Investitionskosten** (~CHF 1'200–1'600/m² installierter PV-Fläche).
- Komplexe Genehmigungsverfahren (ASTRA, UVP, Brandschutz, Tunnelgesetzgebung).
- **Sperrzeiten, Verkehrsumleitungen, hohe Sicherheitsauflagen**.
- Eingeschränkte Wartungszugänglichkeit → teure Unterhaltszyklen.
- Wirtschaftlichkeit derzeit **nicht gegeben** ohne Zusatznutzen oder Subventionen.

Fazit: Hoher Innovationswert und Sichtbarkeit, aber ökonomisch nur tragbar bei klar definierten Zusatznutzen und Skaleneffekten.

B) Gebäude (Dächer)

Vorteile:

- Geringste Gestehungskosten für PV: **CHF 700–1'000/kWp**.
- Bestehende Infrastruktur vorhanden (keine neuen Fundamente).

- Einfache Wartung, kurze Bauzeiten, einfache Bewilligung.
- Ideal für Eigenverbrauch (z. B. Industriebauten mit hohem Tagesbedarf).

Nachteile:

- Flächenverfügbarkeit limitiert (Altbestand mit ungenutzten Dachflächen).
- Teilweise statische Einschränkungen (z. B. bei älteren Dächern).
- Geringe Sichtbarkeit als Leuchtturmprojekt.

Fazit: Wirtschaftlich und pragmatisch sinnvollste Lösung, ideal als erster PV-Ausbauschritt.

C) Parkplätze (Solarcarports)

Vorteile:

- Multifunktional: Stromerzeugung + Witterungsschutz für Fahrzeuge.
- Hohe Sichtbarkeit & Akzeptanz (z. B. bei Detailhändlern).
- Bau auf versiegelter Fläche → keine zusätzliche Bodenversiegelung.

Nachteile:

- Kosten höher als bei Gebäuden, aber niedriger als Autobahn: **CHF 1'000–1'300/kWp**.
- Verfügbare Fläche je nach Standort begrenzt.
- Parklogistik während Bauphase gestört.

Fazit: Gute Balance aus Kosten, Nutzen und Sichtbarkeit – attraktiv für semiöffentliche Betreiber und Flächen in Zentrumsnähe.

D) Autobahnböschungen / Lärmschutzwände

Vorteile:

- Nutzung von Brach- oder Randflächen entlang bestehender Infrastrukturen.
- Kombinierbar mit Biodiversitätsförderung, Lärmschutz, Begrünung.
- Keine Eingriffe in Verkehrsfluss notwendig.

Nachteile:

- **Geringer Neigungswinkel → suboptimale Erträge.**
- Teilweise schwieriger Baugrund (Steilhang, Rutschgefahr).
- Ertragskosten etwa **CHF 1'100–1'400/kWp**.
- Sichtschutzwirkung oft erwünscht → Nachteil bei direkter Sonnenexposition.
- Schallproblematik kann kritisch sein.

Fazit: Günstigere Alternative zur Teilüberdachung, welche besonders sinnvoll ist bei zusätzlichem Lärmschutzbedarf.

Zusammenfassung

Lösung	Gestehungskosten (CHF/kWp)	Besonderheiten
Gebäude (Dächer)	700–1'000	Wirtschaftlich, breit umsetzbar
Parkplätze	1'000–1'300	Sichtbar, Doppelnutzung
Autobahnböschungen	1'100–1'400	Kombinierbar mit Lärmschutz, begrenzter Ertrag
Teilüberdachung	1'200–1'600+	Komplex, teuer, aber mit Innovationspotenzial

Alternative traditionelle Photovoltaiklösungen auf Dächern, Parkplätzen oder Freiflächen sind in jedem Falle kosteneffizienter aufbaubar. Jedoch bietet die vorliegende Lösung einen Ansatz **zusätzlich Grauf Flächen für die Stromproduktion zu nutzen**. Zukünftig könnte dies eine wichtige Zusatzmöglichkeit sein, die nötige Energie für den wachsenden Schweizer Strombedarf zu liefern.

10. Ausblick Anschlussprojekte

Im Folgenden werden zwei mögliche Anschlussprojekte skizziert, die ein aus Projektsicht sinnvolles, weiteres Vorgehen beschreiben.

10.1 Lärmschutz mit Solarzellen

Ein zentrales Zukunftsthema liegt in der Weiterentwicklung der Solarmodule mit integrierter oder kombinierter Schallschutzfunktion. Während klassische Solarpanels den Schall eher reflektieren, sollen zukünftige Entwicklungen darauf abzielen, Module zu schaffen, die Strom erzeugen und gleichzeitig lärmindernd wirken. Dies stellt eine erhebliche technische Herausforderung dar, bietet aber grosses Innovationspotenzial – insbesondere entlang von stark frequentierten Verkehrsachsen.

Dieser Ansatz könnte in ein weiterführendes Forschungsprojekt übergehen. Gemeinsam mit Partnern wie Schöb und Solarmotion könnte ein modulares System so konzipiert werden, das sowohl energetisch als auch akustisch wirksam ist. Ziel wäre ein Standardmodul, das sich flexibel in verschiedene Umgebungen integrieren lässt und auch für andere Einsatzorte, z. B. innerstädtische Schnellstrassen oder lärmbelastete Zubringer, genutzt werden kann.

10.2 Batteriepufferung: Kontinuierliche Energieabgabe

Ein zusätzliches technisches Alleinstellungsmerkmal ist die Möglichkeit, das System mit Batteriepuffern auszustatten. So kann auch in Zeiten geringer Sonneneinstrahlung – etwa am Morgen, Abend oder im Winterhalbjahr – eine kontinuierliche Stromversorgung gewährleistet werden. Zudem kann ein Puffersystem helfen, die Anschlusskosten zu minimieren, da die Anschlussleitungen nicht auf die maximale Tages- bzw. Saisonleistung ausgelegt werden müssen, sondern nur auf die im Mittel konstant abgegebene Energie.

Ein solches System könnte skalierbar konzipiert werden: Schon ein einzelnes 10-Meter-Modul könnte konstant zuverlässig Energie liefern – etwa für Sensorik, Notbeleuchtung oder temporäre Anlagen entlang von Verkehrswegen. Dadurch ergibt sich eine breite Palette an neuen Nutzungsmöglichkeiten – von Pilotversuchen im urbanen Raum bis hin zu autarken Lösungen im Infrastrukturbereich.

Von dieser Weiterentwicklung profitieren eine Vielzahl von Akteuren:

- Gemeinden, die innovative, nachhaltige Infrastrukturbauwerke einsetzen möchten
- Bau- und Energieunternehmen, die zukunftsfähige Produkte entwickeln und vermarkten können
- Verkehrsplaner und Infrastrukturbetreiber, die Lösungen für Energiegewinnung und Schallschutz kombinieren möchten
- die Bevölkerung, durch mehr Lebensqualität entlang von Strassen
- die Innovationslandschaft Schweiz, durch ein technologisches Leuchtturmprojekt mit Relevanz über die Landesgrenzen hinaus

11. Projekt-Stakeholder

Planung



Ausführung



Ämter und Partner

