

Potentialanalyse zur Agri-Photovoltaik im Kanton Schaffhausen



Ackerbohnen unter Solarmodulen, Bild: Mareike Jäger, ZHAW

Datum	04.10.2023
Auftraggeberin	Baudepartement des Kantons Schaffhausen – Fachstelle Energie
Auftragnehmerin	Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen IUNR, Forschungsgruppe Regenerative Landwirtschaftssysteme, Forschungsgruppe Erneuerbare Energien, 8820 Wädenswil
Kontakt	Mareike Jäger, mareike.jaeger@zhaw.ch
Autoren	Mareike Jäger, Dionis Anderegg
Dank	Wir danken dem Baudepartement des Kantons Schaffhausen für diesen Auftrag. Daneben danken wir den Vertreterinnen und Vertretern weiterer kantonaler Fachstellen, wie dem Landwirtschaftsamt und dem Planungs- und Naturschutzamt für Ihre wertvollen Hinweise und Inputs.

Zusammenfassung

Diese Studie untersucht im Auftrag des Baudepartements des Kanton Schaffhausen das Stromerzeugungspotential aus der sogenannten Agri-Photovoltaik.

Agri-Photovoltaik (Agri-PV) bezeichnet die Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen, die gleichermaßen für die Nahrungsmittel- und für die Stromerzeugung mittels PV-Modulen genutzt werden.

Vor kurzem sind im Rahmen der parlamentarischen Debatten zum Mantelerlass mit dem neuen Art. 18b E-RPG Grundlagen im eidgenössischen Raumplanungsgesetz mit Auswirkungen auf die Bewilligungsvoraussetzungen von PV-Anlagen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen geschaffen worden. Am 29.09.2023 haben National- und Ständerat den Mantelerlass in der Schlussabstimmung angenommen.

Um die Zukunft dieser Form der Landnutzung auf kantonaler Ebene nun besser beurteilen zu können, wurde diese Feinanalyse durchgeführt. Ihr ging ein Workshop mit Vertreterinnen und Vertretern verschiedener kantonaler Fachstellen voraus. Die Ergebnisse liegen in Form einer interaktiven App vor - zusätzlich fasst dieser Bericht die wichtigsten Erkenntnisse zusammen.

Das Gesamtpotential der Agri-PV im Kanton Schaffhausen liegt unter Berücksichtigung von Ausschlusskriterien bei 1.38 TWh/a. Rund 94 % dieses Gesamtpotenzials liegt auf offenen Ackerflächen. Das Winterpotenzial liegt bei 387 GWh/a. Dies entspricht einem Winterstromanteil von 28 %.

Ohne Berücksichtigung der Ausschlusskriterien liegt das Stromerzeugungspotential aus der Agri-PV im Kanton Schaffhausen bei 6,07 TWh/a.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
2	Auftrag.....	5
3	Raumplanungsrechtliche und gesetzliche Grundlagen für die Agri-Photovoltaik.....	6
3.1	Abgrenzung zur Freiflächen-Photovoltaik.....	7
4	Methodisches Vorgehen.....	7
4.1	Agri-PV-Anlagentypen.....	9
4.2	Kostenvergleich der Anlagentypen.....	10
4.3	Ausschlusskriterien.....	10
4.3.1	Spezifische Ausschlusskriterien für den Kanton Schaffhausen.....	11
4.3.2	Agri-PV-Flächen in der Direktzahlungsverordnung.....	11
5	Ergebnisse.....	11
5.1	Agri-PV Stromerzeugungspotential im Kanton Schaffhausen.....	12
5.1.1	Potential von Dauerkulturen.....	13
5.1.2	Darstellung der Erträge auf Flächenebene.....	14
6	Abschliessende Bemerkungen.....	15
7	Literaturverzeichnis.....	16

1 Einleitung

Unter Agri-Photovoltaik wird die duale Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen verstanden, die gleichzeitig der Nahrungsmittelproduktion und der Stromproduktion dienen. Sie unterscheidet sich eindeutig von Freiflächen-Photovoltaikanlagen, deren Hauptnutzung auf der Stromproduktion liegt. Insgesamt ist die Agri-Photovoltaik eine noch junge und dynamische Entwicklung in Europa. Sie folgt der Idee, dass sich Energieerzeugung und Nahrungsmittelproduktion auf der Fläche nicht konkurrenzieren, sondern gegenseitig ergänzen. Laut Definition der FAO gehört die APV zu den *Integrated Food and Energy Systems* (IEFS)¹. Die Forschung konzentriert sich darauf, landwirtschaftliche Nutzung und Photovoltaikanlagen gemeinsam anzusiedeln, um bestenfalls die Ernteerträge zu steigern, Ressourcen wie Wasser und Pflanzenschutzmittel zu reduzieren und daneben effizient erneuerbare Energien zu produzieren (Jäger et al., 2022).

Fossile Energien verursachen zirka 75 % der Treibhausgasemissionen der Schweiz im Inland. Deshalb ist eine rasche Dekarbonisierung des Energiesystems, das heisst ein Übergang zu erneuerbaren Energien, unumgänglich (Rohrer, 2021). Neben dem Klimaschutz hat der Ukraine-Krieg die Dringlichkeit einer hohen Eigenversorgung mit Strom vor Augen geführt und auch, welche Herausforderungen in diesem Zusammenhang bestehen. Ein Hauptaugenmerk muss hierbei auf dem Ausbau der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen liegen, insbesondere der Photovoltaik.

Das Potential der Agri-Photovoltaik liegt gemäss der Machbarkeitsstudie *Agri-Photovoltaik in der Schweizer Landwirtschaft* bei rund 131,9 TWh/a unter Berücksichtigung spezifischer Ausschlusskriterien (Jäger et al., 2022). Mit der Verabschiedung des Mantelerlasses zur sicheren Versorgung der Schweiz mit erneuerbaren Energien hat das Parlament in der Herbstsession 2023 eine grosse Hürde für einen schnellen und starken Ausbau der erneuerbaren Energien, die Stärkung der Versorgungssicherheit in der Schweiz und Klimaneutralität bis 2050 genommen. Unter anderem erhalten Anlagen ausserhalb der Bauzone bessere Rahmenbedingungen auf Gesetzesebene. So steigen die Chancen, dass Agri-Photovoltaik-Anlagen im Landwirtschaftsgebiet in Zukunft einfacher bewilligt werden können.

Die vorliegende Potentialanalyse Agri-Photovoltaik für den Kanton Schaffhausen soll Klarheit bringen, mit welchem Potential insgesamt zu rechnen ist. Es werden drei Ebenen betrachtet: Kanton, Gemeinde sowie die einzelne landwirtschaftlich genutzte Fläche. In einem weiteren Schritt erlaubt es diese Feinanalyse, Flächen mit dem bestmöglichen Erschliessungspotential nach ökonomischen und ökologischen Kriterien auszuwählen - unter Berücksichtigung von möglichen Ausschlusskriterien.

2 Auftrag

Ende März 2023 erteilte das Baudepartement des Kantons Schaffhausen – Fachstelle Energie – der ZHAW, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen den Auftrag, das Stromerzeugungspotential aus der Agri-PV für den Kanton Schaffhausen genauer zu berechnen. Vorgängig wurde im Mai 2023 ein Workshop mit Vertreterinnen und Vertretern weiterer kantonaler Fachstellen, wie dem Landwirtschaftsamt und dem Planungs- und Naturschutzamt durchgeführt. Der Workshop hatte zum Ziel, alle auf den gleichen Wissensstand zu bringen, Rückmeldungen einzuholen und darüber hinaus individuelle Ausschlusskriterien für die Agri-PV-Potentialanalyse für den Kanton festzulegen.

¹ <https://www.fao.org/energy/bioenergy/ifes/fr/>

Nicht Gegenstand des Auftrags ist eine Bewertung möglicher Hindernisse und Chancen der Agri-Photovoltaik aus landwirtschaftlicher und naturschutzfachlicher Sicht, sowie allgemeine Empfehlungen zur Umsetzung der gesetzlichen Grundlagen, z.B. dem Art. 18b E-RPG und Art. 32c Abs. 1 Bst. c Raumplanungsverordnung, im Kanton Schaffhausen.

3 Raumplanungsrechtliche und gesetzliche Grundlagen für die Agri-Photovoltaik

Die rechtliche Grundlage für die Potentialanalyse des Kantons Schaffhausen sind die Vorgaben durch Art. 32c Abs. 1 Bst. c Raumplanungsverordnung. Neu wird seit dem 1. Juli 2022 die sogenannte *Standortgebundenheit* spezifisch von Agri-PV Anlagen ausserhalb der Bauzone genauer geregelt. Gemäss Art. 32c Abs. 1 Bst. c RPV können Solaranlagen mit Anschluss ans Stromnetz ausserhalb der Bauzonen insbesondere dann als standortgebunden gelten, wenn sie in wenig empfindlichen Gebieten Vorteile für die landwirtschaftliche Produktion bewirken oder entsprechenden Versuchs- und Forschungszwecken dienen. Darüber hinaus muss gemäss den Erläuterungen, die Agri-PV-Anlage auf *Fruchtfolgeflächen* zu einem höheren Naturalertrag im Pflanzenbau führen. Der Begriff «wenig empfindlich» wird u.a. näher definiert als «*anschliessend an Bauzonen oder bestehende Infrastrukturen*». Artikel 32c RPV erklärt also PV-Anlagen ausserhalb der Bauzonen – und somit auch in der Landwirtschaftszone – unter gewissen Voraussetzungen als potentiell standortgebunden. Artikel 32c RPV ist allerdings lediglich eine Verordnungsbestimmung und als eine Art Übergangsbestimmung zu sehen, bis die nötigen Grundlagen in einem Gesetz im formellen Sinne geschaffen sind. Jüngst sind nun im Rahmen der parlamentarischen Debatten zum Mantelerlass mit dem neuen Art. 18b E-RPG Grundlagen im eidgenössischen Raumplanungsgesetz mit Auswirkungen auf die Bewilligungsvoraussetzungen von PV-Anlagen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen geschaffen worden. Am 29.09.2023 haben National- und Ständerat den Mantelerlass in der Schlussabstimmung angenommen. Die Rechtsbegriffe betreffend der Agri-Photovoltaik bleiben noch unklar. So heisst es im Gesetzestext:

Solaranlagen, die sich innerhalb von landwirtschaftlichen Nutzflächen nach Artikel 14 LBV befinden, gelten als standortgebunden, wenn sie:

- a) neben der Stromproduktion die landwirtschaftlichen Interessen nicht beeinträchtigen und Vorteile für die landwirtschaftliche Produktion bewirken;*
- oder*
- b) landwirtschaftlichen Versuchs- und Forschungszwecken dienen*

Welche landwirtschaftlichen Vorteile konkret gemeint sind und welche Interessen nicht beeinträchtigt sein dürfen, wird bislang nicht näher erläutert. Dies dürfte sich in naher Zukunft jedoch im weiteren Verlauf der Anpassungen auf Verordnungsebene präzisieren.

3.1 Abgrenzung zur Freiflächen-Photovoltaik

Flächen mit herkömmlichen, bodennah installierten PV-Modulen dienen hauptsächlich der Energiegewinnung, nicht aber der landwirtschaftlichen Nutzung, auch wenn darunter eine extensive landwirtschaftliche Nutzung, z.B. die Beweidung mit Schafen möglich ist. Grundsätzlich besteht im Hinblick auf die Nutzung von Landwirtschaftsflächen durch (herkömmliche) engstehende PV-Module, die bodennah installiert wurden, eine Flächennutzungskonkurrenz (Schibli, 2023).

Ebenfalls nicht zur Agri-Photovoltaik zählen alpine Solaranlagen, die im Landwirtschaftsgebiet heute bereits einfach bewilligt werden können. Hier liegt in der Regel kein landwirtschaftliches Nutzungskonzept zugrunde, bzw. nicht die landwirtschaftliche Nutzung bestimmt das technologische Konzept, sondern die maximale Stromproduktion, insbesondere Winterstrom.

4 Methodisches Vorgehen – Identifikation von Flächen

Die landwirtschaftlichen Nutzflächen stammen aus dem minimalen Geodatenmodell Landwirtschaftliche Kulturflächen (Version vom Januar 2023). Darin ist jeder landwirtschaftlichen Nutzfläche eine Nutzung zugewiesen (z.B. Winterweizen, Raps zur Speiseölgewinnung, Obstanlagen usw.). Es wurden Nutzungen selektiert, die potenziell für eine Doppelnutzung mit Agri-PV geeignet sind. Bei dieser Selektion wurden alle Biodiversitätsförderflächen, Sömmerungsgebiete und Hochstamm-Obstgärten sowie einige Spezialfälle ausgeschlossen (Anderegg et al., 2023).

Rechtsgültige Nichtbaugebiete des Kantons Schaffhausen wurden in einem 1000m Puffer rund um Bauzonen berücksichtigt. D.h. es werden nur Flächen angezeigt, die sich innerhalb dieses Puffers befinden. Ein Puffer von 1000m rund um die Bauzone deckt allerdings bereits einen sehr grossen Flächenanteil ab, wie die Auswertung auf nationaler Ebene im Rahmen der Machbarkeitsstudie aufzeigt (Jäger et al., 2022).

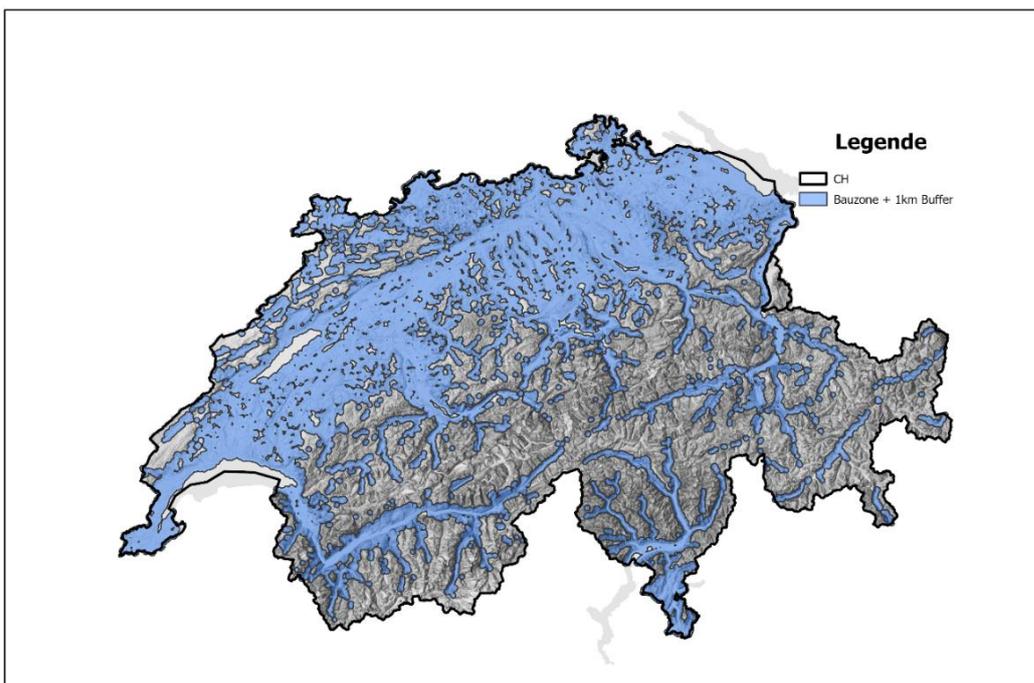
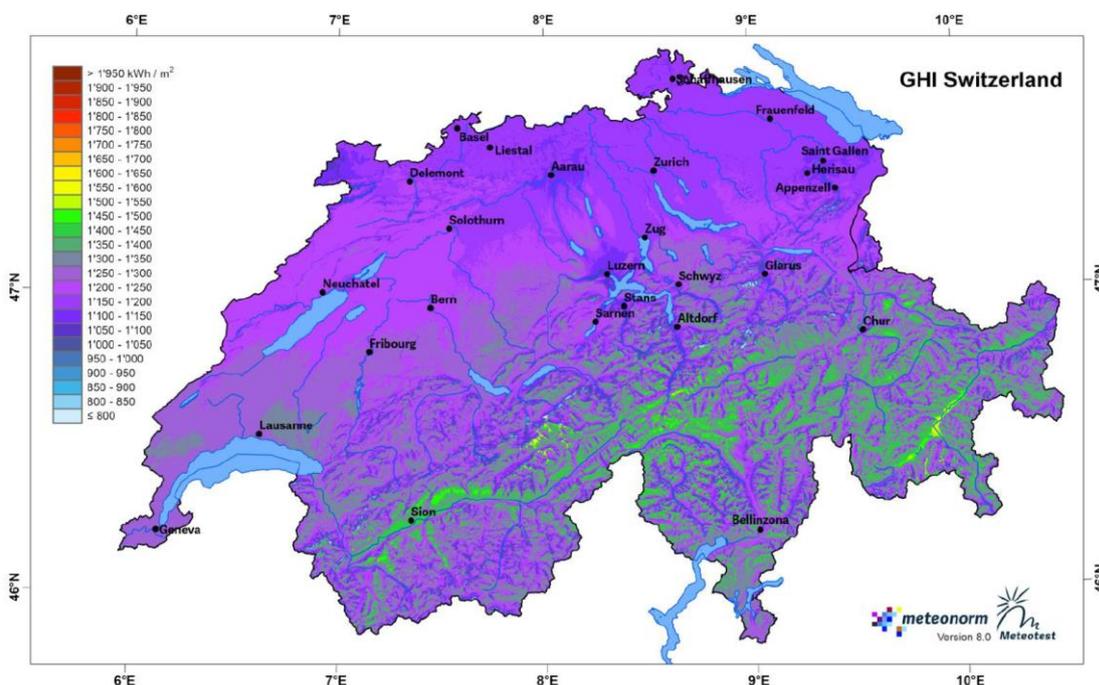


Abbildung 1: Nationale homogene Bauzonen (Datengrundlage ARE) mit einer Pufferzone von 1km.

Die verbleibenden landwirtschaftlichen Nutzflächen wurden als potenziell für Agri-PV geeignet betrachtet und weiter prozessiert. Diese weitere Prozessierung umfasst im ersten Schritt eine Zuordnung zu drei Kulturgruppen; Offene Ackerflächen (z.B. Winterweizen oder Kunstwiesen), Dauergrünland (Wiesen und Weiden) und Dauerkulturen (z.B. Beeren und Obstplantagen). Die Zuordnung ist in (Anderegg et al., 2023) dokumentiert. Ausserdem wurden Flächen mit Maisanbau ausgeschlossen, da dieser potenziell wenig für Agri-PV geeignet sind. Im Analysetool kann der Mais jedoch wieder dazugewählt werden.

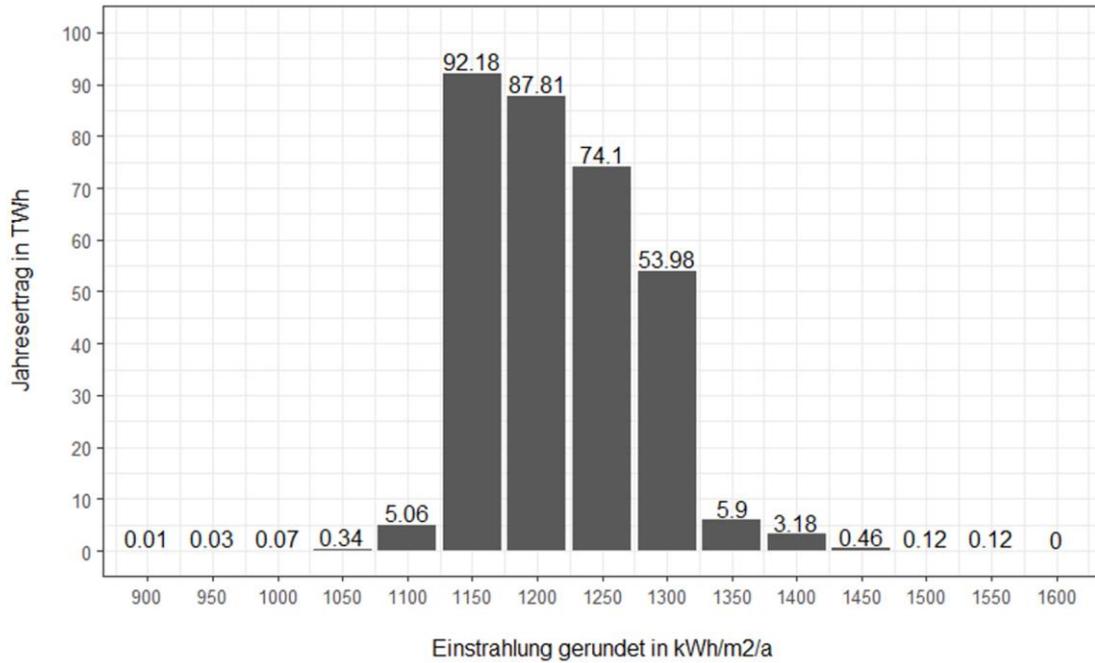
Für jede verbleibende landwirtschaftlichen Nutzfläche wurde anschliessend die Einstrahlung in die Horizontale ermittelt (pro Jahr und pro Winterhalbjahr). Als Datengrundlage diente ein Einstrahlungsraster in einer Auflösung von 100m, welches die Einstrahlung in einem typischen meteorologischen Jahr inkl. Berücksichtigung des Fernhorizonts angibt (Meteonorm Version 8). Diese Vorgehensweise liefert eine genauere Einstrahlungsgrundlage als das im Jahr 2022 für die Machbarkeitsstudie genutzte digitale Höhenmodell «solar radiation Tool in ArcGis» und es erlaubt neben einer verbesserten Einstrahlungsprognose zusätzlich eine Aufteilung der PV-Erträge in das Sommer- und das Winterhalbjahr. Ein Vergleich der verwendeten Einstrahlungsdaten (Meteotest.ch 2022) mit den oben erwähnten Messstationen (Meteonorm Version 8), die aufgrund eines globalen Satelliten-Netzwerkes erstellt wurden, zeigt lediglich eine minimale Abweichung von 1 bis 2 Prozent.

Fazit: die Auswertung für den Kanton Schaffhausen erfolgte auf der Grundlage echter Messdaten und nicht eines digitalen Höhenmodells.



Einstrahlung Meteonorm – Jährlich & saisonal, Auswertung: D. Anderegg

Auf nationaler Ebene zeigt sich, dass sehr viel Flächen in der Schweiz die minimal geforderten Einstrahlungswerten von über $1000 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$ erreichen.



92% der Landwirtschaftsfläche der Schweiz erreichen Einstrahlungswerte von mindestens 1150 kWh/m²/a, Grafik: D. Anderegg

4.1 Agri-PV-Anlagentypen

Analog zur Machbarkeitsstudie von Jäger et al. (2022) wurde der Energieertrag von Referenzanlagen pro Anlagentyp (Offene Ackerfläche, Dauerkulturen, Dauergrünland) anschliessend linear mit der horizontalen Einstrahlung am Standort skaliert. Flächen mit einer jährlichen Einstrahlung < 1000 kWh/m²/a werden als nicht geeignet betrachtet und ausgeschlossen.

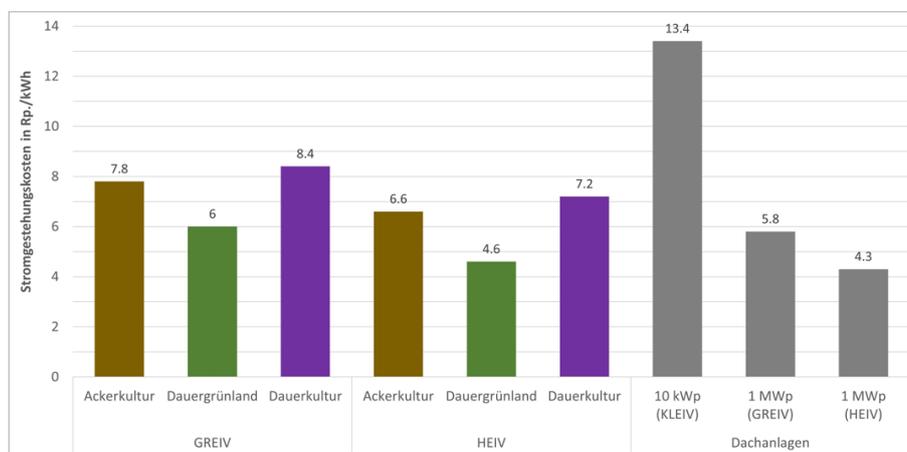
<p>Ackerbau: Der Jahresertrag wird bei einem festen Anstellwinkel von 20° und einer Ausrichtung von 30° Südwest mit bifazialen Modulen simuliert. Nennleistung: 612 kWp, spezifische Jahresleistung 1200 kWh/kWp, Flächenertrag von 735 MWh/ha.</p>	<p>Dauergrünland: vertikale Module in Ost-West-Aufständigung, Nennleistung von 293 kWp/ha. Spezifische Jahresleistung: 1000 kWh/kWp, Flächenertrag von 293 MWh/ha/a.</p>	<p>Dauerkulturen: Anlagen mit semitransparenten Modulen Nennleistung: 737 kWp/ha. Spezifischen Jahresleistung von 1170 kWh/kWp, Flächenertrag von 862 MWh/ha/a.</p>

3 Anlagentypen mit unterschiedlicher Leistung, berechnet anhand eines Referenzstandortes in Kloten ZH. Die Einstrahlungssituation am jeweiligen Standort wurde berücksichtigt, indem der Flächenertrag der Referenzanlage auf die Einstrahlung am Standort skaliert wurde (Jäger et al., 2022).

Das Stromerzeugungspotential der drei Referenzanlagen erlaubt eine konservative Auswertung, denn heute kommen bereits neue Anlagentypen mit nachgeführten Modulen zum Einsatz, die ein höheres Stromerzeugungspotential haben.

4.2 Kostenvergleich der Anlagentypen

Beim Vergleich der Stromgestehungskosten der drei Anlagentypen schneiden die vertikalen Module, die hier in Verbindung mit der Grünlandnutzung untersucht werden, am besten ab. Vertikale Module kommen heute auch in Verbindung mit einer ackerbaulichen Nutzung vor, zum Beispiel in Österreich und Frankreich. So betreibt die Universität Wien eine Forschungsanlage mit vertikalen Modulen im Ackerbau.



Stromgestehungskosten für drei Agri-PV-Anlagen (1 MWp Anlagenleistung) im Vergleich zu Dachanlagen, Grafik Sven Strelbel, ZHAW

Die Grafik vergleicht die Stromgestehungskosten der Agri-PV-Anlagentypen mit einer Anlagenleistung von 1 MWp am Referenzstandort in Zürich-Kloten. Die Berechnung wurde mit der Einmalvergütung für grosse PV-Anlagen (GREIV) sowie auch mit der maximalen hohen Einmalvergütung (HEIV), die im Auktionsverfahren vergeben wird, durchgeführt. Zudem sind die Gestehungskosten für eine Dachanlage mit 10kWp und 1 MWp aufgeführt. Berücksichtigt wurde eine Laufzeit von 30 Jahren mit einem Kalkulationszinssatz von 2%. Die Moduldegradation ist mit 85% der Ausgangsleistung nach 25 Jahren berücksichtigt. Als Unterhaltskosten sind je nach Anlagentyp zwischen 1.36 – 1.73 Rp/kWh bei den Agri-PV-Anlagen und 2.2 Rp/kWh bei den Dachanlagen berücksichtigt.

4.3 Ausschlusskriterien

Die Ausschlusskriterien wurden im Rahmen des vorbereitenden Workshops diskutiert und ausgewählt. Rechtlich gesehen gibt es keine eindeutigen Vorgaben hierzu. So sind zum Beispiel Flächen in BLN-Schutzgebieten nicht zwangsläufig von der Agri-PV ausgeschlossen, ebensowenig wie Flächen in Gewässerschutzgebieten. In der Raumplanungsverordnung ist lediglich von *wenig empfindlichen* Gebieten die Rede und *möglichst geringen entgegenstehenden Schutzanliegen*. So hat der Kanton Schaffhausen zum Beispiel einen hohen Anteil von schützenswerten bodenbrütenden Vogelarten

(Bsp. Feldlerchen). Im Zuge von Interessensabwägungen innerhalb zukünftiger Bewilligungsprozesse, werden tatsächliche und potentielle Vorkommen geschützter Arten sicher eine Rolle spielen. Zu erwähnen ist, dass Agri-PV Anlagen nicht zwangsläufig zu einem Artenverlust beitragen, sondern sich in extensiv genutzten Zonen der Anlage (rund um Pfosten oder unterhalb von Modulen) biodiversitätsfördernde Habitate bilden können. Diese Habitate können explizit mitgeplant und ökologisch aufgewertet werden. Die Auswirkungen von Freiflächen-PV-Anlagen und Agri-PV-Anlagen auf einzelne Artengruppen wird ausführlich in der Studie von (Schlegel, 2021) diskutiert.

4.3.1 Spezifische Ausschlusskriterien für den Kanton Schaffhausen

Folgende Gebiete wurden als mögliche Ausschlussgebiete definiert:

National

- Flächen im Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (BLN), RAMSAR und SMARAGD - Naturschutzgebiete, Naturpärke, Moore, Amphibienschutzgebiete, Nationalpark, Biosphärenreservate, UNESCO-Welterbe Naturstätten, Trockenwiesen- und Weiden, Biodiversitätsförderflächen im Grünland, Ackerbau und Dauerkulturen.
- Gewässerschutzzonen S1 bis S3

Kantonal

- Erweitertes Randenschutzgebiet
- Zonen und Objekte des kantonalen Naturschutzinventars
- Ausgewiesener Gewässerraum Kanton Schaffhausen
- Zonen und Objekte des kommunalen Naturschutzinventars
- Maisanbau => Alle Maisarten im Bezugsjahr 2021

4.3.2 Agri-PV-Flächen in der Direktzahlungsverordnung

In der Direktzahlungsverordnung wird die Bestückung von Biodiversitätsförderflächen mit PV-Modulen ausgeschlossen. Für andere Nutzungen (Spezialkulturen, Ackerbau) wurden bestimmte Anpassungen der LBV (Landwirtschaftliche Begriffsverordnung) vorgenommen, so dass diese neu unter Auflagen direktzahlungsberechtigt sein können. So müssen sich die Flächen zum Beispiel in Siedlungsnähe befinden und die Agri-PV-Anlage muss eine Verbindung zu einer bestehenden Infrastruktur aufweisen. Auf Fruchtfolgeflächen darf der Ertrag nicht sinken.

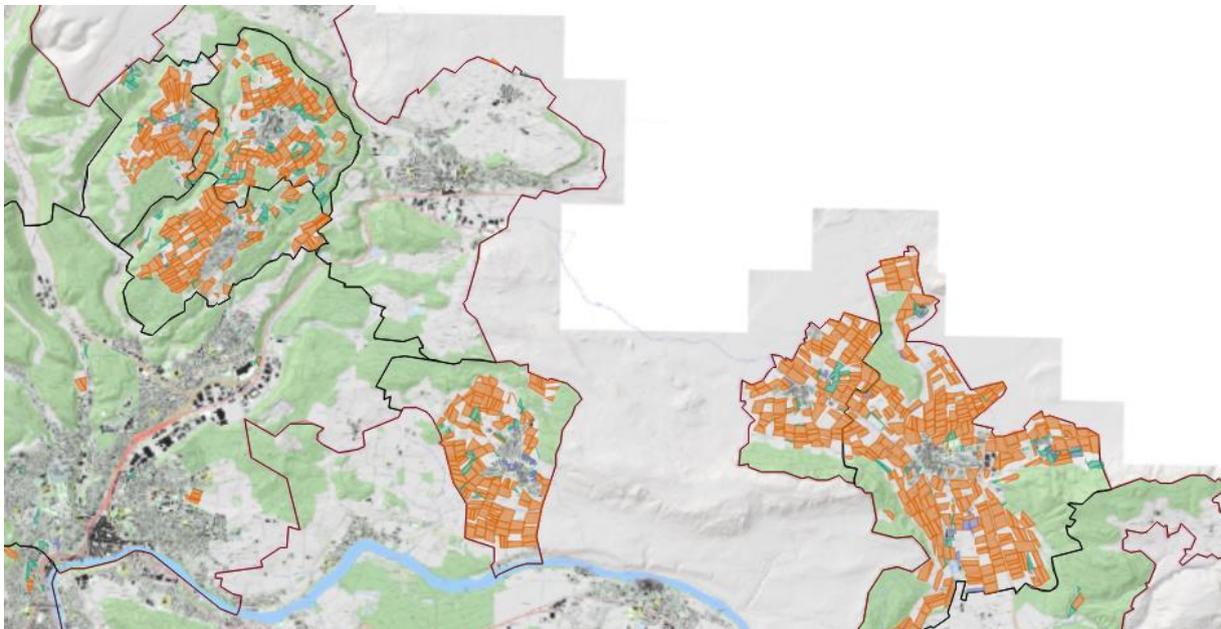
5 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Potentialanalyse stehen in digitaler Form als [App-Anwendung](#) zur Verfügung. Die App erlaubt eine Reihe von Einstellungsmöglichkeiten. So können die verschiedenen Ausschlusskriterien auf kantonaler und Gemeindeebene dazugewählt oder ausgeschlossen werden. Ebenso können im Analysetool die drei verschiedenen Kulturgruppen Dauergrünland, Dauerkultur und offene Ackerfläche hinzugefügt oder entfernt werden, um einen Eindruck einzelner Nutzungsrichtungen zu bekommen.

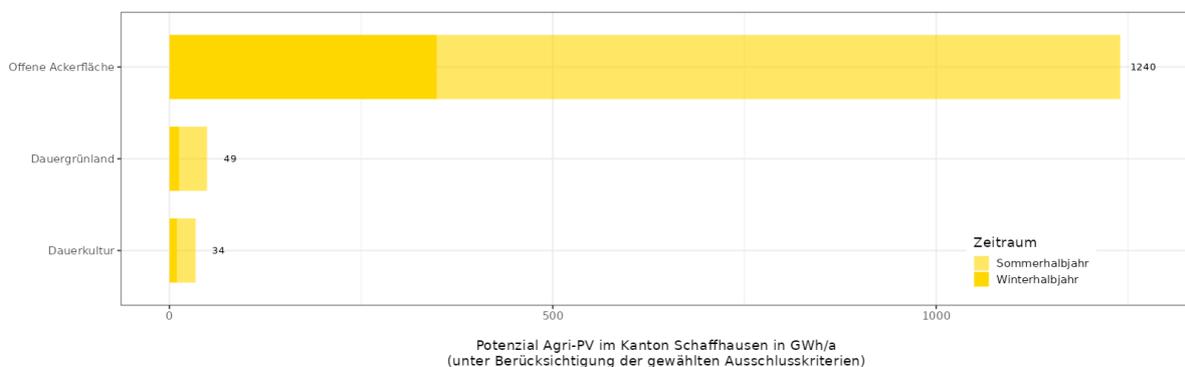
Ein weiterer Schritt erlaubt das Hineinzoomen in jede der angezeigten Nutzungsflächen, um spezifische Flächeninformationen (Flächengrösse, Nutzungsrichtung, Gesamtstromertrag, Winterstromertrag) abzufragen. Als technische Grundlage wurde für die App das Statistik-Anwendungstool [R-Shiny](#) gewählt, das es ermöglicht, mithilfe räumlicher Daten interaktive Dashboards zu erstellen.

5.1 Agri-PV Stromerzeugungspotential im Kanton Schaffhausen

Die nachfolgenden Grafiken zeigen das Potenzial für Agri-PV im Kanton Schaffhausen unter den weiter vorne dargestellten Ausschlusskriterien. Das Potenzial ist in Kulturgruppen aufgeteilt. Rund 94 % des Gesamtpotenzials von 1.38 TWh/a liegt auf offenen Ackerflächen. Zum Vergleich: der jährliche Stromverbrauch liegt in der Schweiz bei etwa 60 TWh.



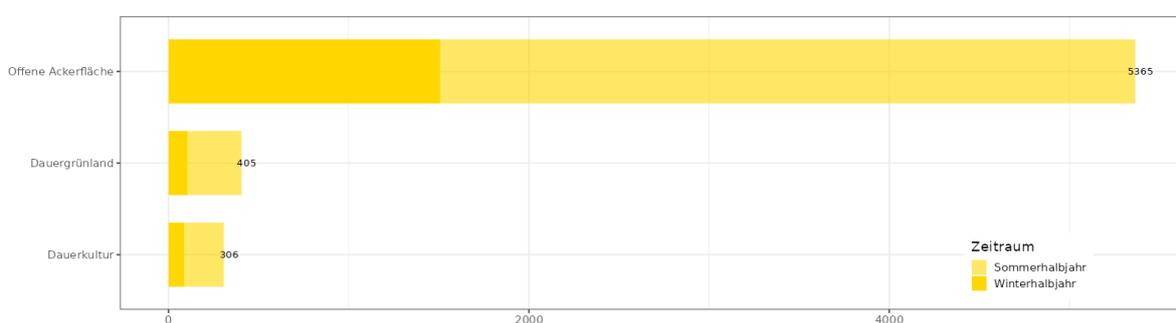
Kartenausschnitt zu den Agri-PV-Potentialflächen im Kanton SH, orange markiert sind die Ackerflächen



In der nachfolgenden Tabelle ist neben den Jahrespotenzialen zusätzlich das Winterpotenzial gezeigt, welches 387 GWh/a beträgt. Dies entspricht einem Winterstromanteil von 28 %.

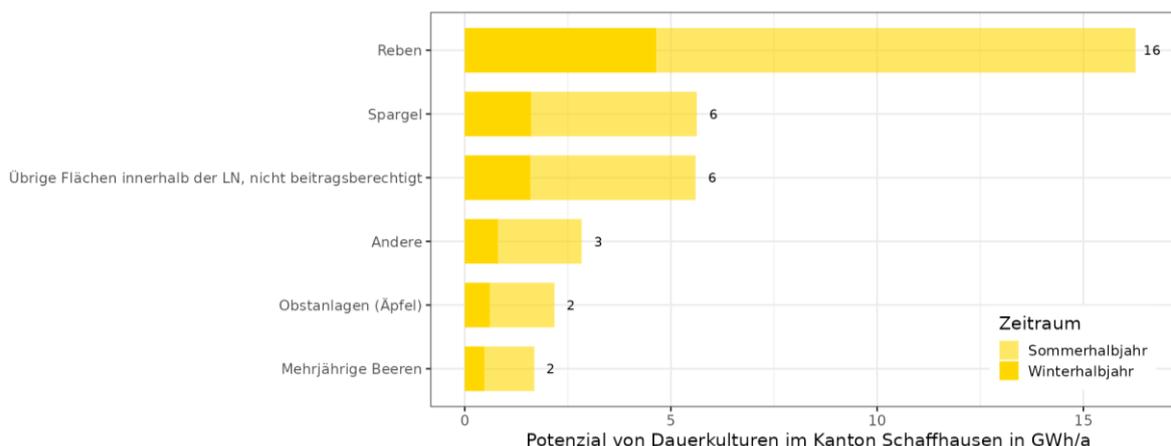
Kulturgruppe	Jahresertrag in GWh	Winterertrag in GWh	Sommerertrag in GWh
Offene Ackerfläche	1294	364	930
Dauergrünland	50	13	37
Dauerkultur	34	10	24
Summe	1378	387	991

Ohne Berücksichtigung der Ausschlusskriterien liegt das Stromerzeugungspotential im Kanton Schaffhausen bei 6,07 TWh/a.



5.1.1 Potential von Dauerkulturen

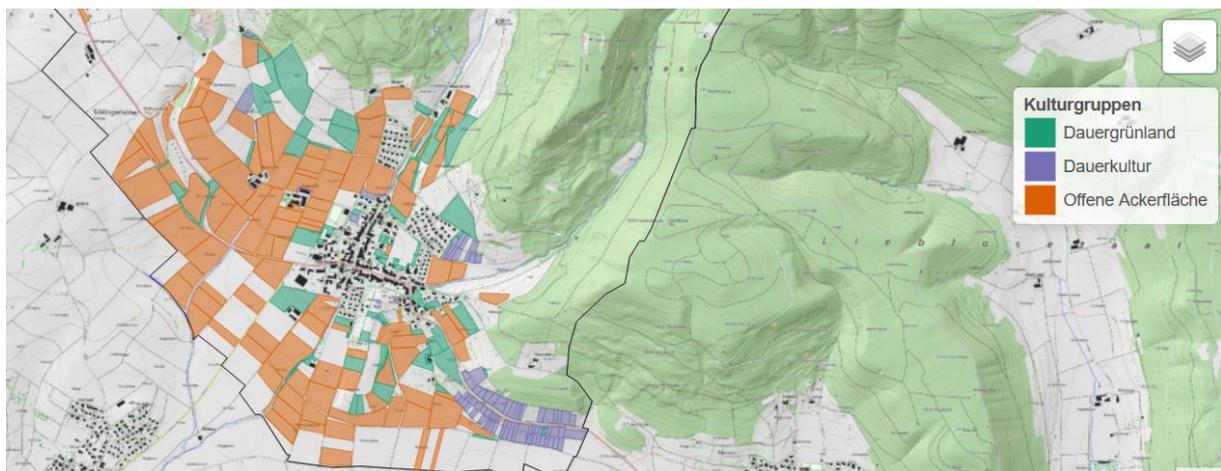
Unter den Dauerkulturen machen Flächen mit Anbau von Reben den grössten Anteil am Potenzial aus (47 % des Potenzials von Dauerkulturen). Die nachfolgende Abbildung und Tabelle zeigt die Aufteilung des Potenzials auf Dauerkulturen sowie deren Winterstrompotenzial. Es wird nicht unterschieden, ob die Dauerkultur bereits mit Hagelschutznetzen gedeckt ist oder nicht. Im schweizweiten Durchschnitt sind etwa 50% der Obst- und Beeren-Dauerkulturen gedeckt. Reben sind in der Regel nicht gedeckt.



Dauerkultur	Jahresertrag in GWh	Winterertrag GWh	Sommerertrag in GWh
Reben	16,3	4,6	11,6
Spargel	5,6	1,6	4,0
Übrige Flächen (nicht beitragsberechtigt)	5,6	1,6	4,0
Obstanlagen (Apfel)	2,2	0,8	1,6
Mehrjährige Beeren	2,2	0,6	1,2
Andere	2,8	0,8	2,0

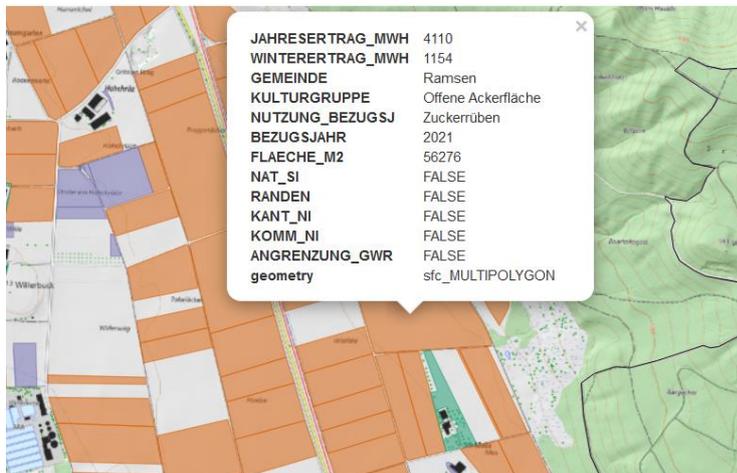
5.1.2 Darstellung der Erträge auf Gemeinde- und Flächenebene

In der App können auch Informationen zu den einzelnen Gemeinden im Kanton Schaffhausen abgefragt werden. Untenstehend das Beispiel von der Gemeinde Ramsen.



Die spezifische Abfrage des Agri-PV Potentials ist für die einzelnen Gemeinden möglich, ebenfalls unter Berücksichtigung von Ausschlusskriterien

Ein Zoom in die einzelnen Potentialfläche erlaubt die Abfrage zum spezifischen Agri-PV Stromertrag (Sommer und Winter) unter Berücksichtigung der jeweiligen Einstrahlungsverhältnisse, Grösse der Fläche und Flächennutzung.



Beispiel für eine Abfrage zum Potential einer Ackerfläche in der Gemeinde Ramsen

6 Abschliessende Bemerkungen

Das Agri-PV Potential ist für den Kanton Schaffhausen grundsätzlich hoch, da viele grosse Ackerflächen vorhanden sind. Hier liegt mit Abstand das grösste Potential. Gleichzeitig ist dieser Flächentyp besonders umstritten für die Nutzung als Agri-PV Fläche, da gemäss geltender Gesetzgebung die Versorgungssicherheit nicht beeinträchtigt sein darf. Ob und wie sich die Agri-PV Infrastruktur auf den Ertrag, insbesondere von Ackerkulturen auswirkt, dazu gibt es derzeit keine gesicherte Datengrundlage aus der Schweiz. Neue Anlagentypen, wie der Sonne nachgeführte Module, welche die Unterkulturen nur noch wenig beschatten oder vertikale Module in Form von Solarzäunen ohne grosse Unterkonstruktion, könnten interessant sein. Pilotversuche an verschiedenen Standorten im Kanton mit unterschiedlichen Nutzungen und Anlagentypen würden Klarheit bringen, ob diese Art der Flächennutzung sowohl für die Landwirtschaftsbetriebe als auch für die Versorgung mit erneuerbaren Energien im Kanton eine interessante Option darstellt.

7 Literaturverzeichnis

Anderegg, D., Strebel, S., Hunziker, M., Rohrer, J., Kobler, B., & Diener, H.-P. (2023). *Photovoltaik-Potenzial auf Infrastrukturbauten und bei weiteren sehr grossen Anlagen im Kanton Zürich.*

<https://doi.org/10.21256/ZHAW-28687>

Jäger, M., Vaccaro, C., Boos, J., Junghardt, J., Strebel, S., Anderegg, D., Rohrer, J., & Schibli, B. (2022).

Machbarkeitsstudie Agri-Photovoltaik in der Schweizer Landwirtschaft

<https://doi.org/10.21256/ZHAW-25624>

Rohrer, J. (2021). *Klimaerhitzung: Welchen Beitrag können Eigenverantwortung bzw. politische*

Massnahmen leisten? <https://doi.org/10.21256/ZHAW-2419>

Schlegel, J. (2021). *Auswirkungen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen auf Biodiversität und Umwelt:*

<https://doi.org/10.21256/ZHAW-23607>