



Bericht vom 21. August 2019

Winterstrom aus Photovoltaik

Dokumentation der Produktionsprofile aller Schweizer Gemeinden



Basler & Hofmann

Datum: 21. August 2019

Ort: Zürich

Auftraggeberin:

Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer/in:

Basler & Hofmann AG
Forchstrasse 395, CH-8032 Zürich
www.baslerhofmann.ch

Autor/in:

Dr. Christof Bucher, Basler & Hofmann AG, christof.bucher@baslerhofmann.ch
Roman Schwarz, Basler & Hofmann AG, roman.schwarz@baslerhofmann.ch

BFE-Projektleitung: Wieland Hintz, wieland.hintz@bfe.admin.ch
Martin Hertach, martin.hertach@bfe.admin.ch
Beat Goldstein, beat.goldstein@bfe.admin.ch

BFE-Vertragsnummer: SH/8100038-01-01-31

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

Winterstrom aus Photovoltaik

Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen; Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.bfe.admin.ch

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	5
1 Einleitung	6
2 Datenmodell	6
2.1 Szenarien	6
2.2 Struktur	7
2.3 Umgang mit Datum und Zeit	7
2.4 Referenzanlagen	8
2.5 Dateinamen der CSV-Dateien	9
2.6 Datenstruktur der CSV-Dateien Output_Szenario	9
2.7 Inhalt der CSV-Dateien Output_Gemeinde	10

Abkürzungsverzeichnis

AWS	Szenario "Anreiz Winterstrom"
BFE	Bundesamt für Energie
BFS	Bundesamt für Statistik
FA	Kategorie "Flachdach aufgeständert"
GP	Gebäudeportfolio "Gesamtpotenzial"
kWh	Kilowattstunden
MWP	Szenario "Maximales Winterstrompotenzial"
PV	Photovoltaik
TWh	Terawattstunden
ZWB	Szenario "Zubau wie bisher"

1 Einleitung

Dieses Dokument beschreibt die Exportdaten der Studie "Studie Winterstrom Schweiz - Was kann die heimische Photovoltaik beitragen?" (2019). In dieser Studie wird in drei Szenarien überprüft, wie gross der Anteil der Photovoltaik (PV) an der Winterstromversorgung der Schweiz sein könnte. Die drei Szenarien beziehen sich jeweils auf eine Solarstromproduktion von 30 TWh, jedoch mit unterschiedlichen Annahmen bezüglich der realisierten PV-Anlagen. Das Szenario "Zubau wie bisher (ZWB)" geht davon aus, dass die 30 TWh mit einem PV-Anlagenpark gebaut werden, der ähnliche Flächen verwendet wie die heute bereits umgesetzten Anlagen. Das zweite Szenario "Maximales Winterstrompotenzial (MWP)" verwendet die Flächen, welche den höchsten Winterstromanteil aufweisen. Das dritte Szenario "Anreize Winterstrom (AWS)" nimmt an, dass ähnliche Flächen verwendet werden wie heute, dass es jedoch eine stärkere Gewichtung der winterstromoptimierten Flächen gibt.

In dieser Winterstromstudie werden für alle Gemeinden der Schweiz Produktionsprofile für PV-Anlagen für die Jahre 2004 – 2018 generiert. Für jedes der drei Szenarien besteht ein Set von Produktionsprofilen. Zusätzlich wird das Produktionsprofil des Gesamtpotenzials (GP) von PV in der Schweiz abgespeichert, sowie das Produktionsprofil aller Flachdächer unter der Annahme, dass nach Süden ausgerichtete PV-Anlagen gebaut würden (FA). In diesem Dokument werden diese Produktionsprofile beschrieben.

Da die Produktionsprofile auf gemessenen Wetterdaten basieren, sind sie räumlich und zeitlich korreliert und eignen sich für die detaillierte Analyse von Solarstromproduktion auf Gemeinde-, Regional- oder auch Landesebene. Weitere Details zu den Daten sind in der obengenannten Studie zu finden.

Die grossen Unsicherheiten bestehen dabei nicht bei den verwendeten Algorithmen, sondern bei der Eintrittswahrscheinlichkeit der Szenarien.

2 Datenmodell

Die Zeitreihen der Produktionsprofile von 2004 bis 2018 in einer zeitlichen Auflösung von einer Stunde und einer räumlichen Auflösung von einer Gemeinde stehen zur Verfügung. Im Folgenden wird das Datenmodell beschrieben.

2.1 Szenarien

Die Zeitreihen werden in drei Szenarien und zwei zusätzlichen Datensätzen bereitgestellt. Diese sind:

Tabelle 1: Übersicht der Szenarien

Name Szenario	Abkürzung	Jährliche Gesamtproduktion	Bemerkung
Zubau wie bisher	ZWB	30 TWh	Szenario 1
Maximales Winterstrompotenzial	MWP	30 TWh	Szenario 2
Anreiz Winterstrom	AWS	30 TWh	Szenario 3
Gesamtpotenzial	GP	ca. 67 TWh	Potenzial gemäss www.son-nendach.ch und www.sonnenfassade.ch
Flachdach aufgeständert	FA	ca. 11 TWh	Annahme: All Flachdachanlagen würden nach Süden aufgeständert

2.2 Struktur

Die Daten stehen in Form von tabulatorgetrennten Text-Dateien (Format CSV) zur Verfügung. Die CSV-Dateien sind so strukturiert, dass ca. 100 MB pro Datei nicht überschritten werden. Daraus ergibt sich die folgende Struktur der Daten:

- Für jede Gemeinde der Schweiz ist pro Szenario eine CSV-Datei vorhanden. Die CSV-Datei beinhaltet die Zeitreihe der PV-Produktion aller PV-Anlagen dieser Gemeinde, die je Szenario berücksichtigt wurden. Dabei ist für jede Anlagenkategorie (jede Ausrichtung und jede Neigung) ein separates Produktionsprofil vorhanden. Diese Dateien finden sich im Ordner "Output_Szenario".
- Pro Gemeinde ist zusätzlich eine CSV-Datei vorhanden, in welcher die verschiedenen Anlagenkategorien (Ausrichtung und Neigung) zu einer einzigen Zeitreihe aufsummiert werden. In dieser Datei sind entsprechend nur fünf Zeitreihen (eine Zeitreihe je Szenario) vorhanden. Diese Dateien finden sich im Ordner "Output_Gemeinde".
- Alle CSV-Dateien beinhalten jeweils die Daten von 2004-2018 (15 Jahre) in Stundenauflösung (131'400 Tabellenzeilen ohne Kopfzeile)

2.3 Umgang mit Datum und Zeit

Die Zeitreihen sind Stundenwerte der PV-Produktion. Der jeweils erste Wert bezieht sich auf die Stunde 00:00 Uhr bis 01:00 Uhr. Alle Zeiten sind in Winterzeit angegeben. Alle Jahre haben 365 Tage. Der 29. Februar von Schaltjahren wurde ersatzlos gelöscht.

2.4 Referenzanlagen

Für Gemeinde sind Referenzanlagen (Referenz-Produktionsprofile) für verschieden ausgerichtete PV-Anlagen gebildet worden. Es wurden die Kategorien gemäss der folgenden Tabelle für die jeweiligen Gemeinden verwendet. In den CSV-Dateien wird für die Kennzeichnung die effektive Ausrichtung und Neigung der Referenzanlagen verwendet. Für den Spezialfall der aufgeständerten Flachdächer wird eine Neigung von 999 angegeben an der Stelle der ursprünglich verwendeten 25°, damit die Referenzanlagen von um 25° geneigten Schrägdächern unterscheidbar bleiben.

Tabelle 2: Ausrichtung Referenzanlagen

Ausrichtung Kategorie	Bereich in Grad	Effektive Ausrichtung Referenzanlagen in Grad
E	67.5 – 112.5	90
SE	112.5 – 157.5	135
S	157.5 – 202.5	180
SW	202.5 – 247.5	225
W	247.5 – 292.5	270
N	292.5 – 67.5	0

Tabelle 3: Neigung Referenzanlagen

Neigungsbereich Kategorie	Effektive Neigung Referenzanlage
0-5	3
5-10	8
10-20	15
20-30	25
30-40	35
40-50	45
50-70	60
70-90	80
90	90

2.5 Dateinamen der CSV-Dateien

Die Dateinamen der CSV-Dateien beinhaltet jeweils die BFS-Nummer¹ und den Namen des jeweiligen Szenarios. Die folgende Tabelle zeigt einige Lesebeispiele auf für die verfügbaren Szenarien.

Tabelle 4: Neigung Referenzanlagen

Beschriftung	Inhalt der Datei
BFS230_MWP.csv	Daten für das Szenario MWP (maximales Winterstrompotenzial) der Gemeinde mit der BFS-Nummer 230 (Winterthur)
BFS261_AWS.csv	Daten für das Szenario AWS (Anreiz Winterstrom) der Gemeinde mit der BFS-Nummer 261 (Zürich)
BFS351_ZWB.csv	Daten für das Szenario ZWB (Zubau wie bisher) der Gemeinde mit der BFS-Nummer 351 (Bern)
BFS2701_GP.csv	Daten für das Szenario Gesamtpotenzial aller Flächen der Gemeinde mit der BFS-Nummer 2701 (Basel)
BFS5586_FA.csv	Daten für das Szenario aufgeständerte Flachdächer der Gemeinde mit der BFS-Nummer 5586 (Lausanne)
BFS3901.csv	Alle Szenarien der Gemeinde mit der BFS-Nummer 3901 (Chur) ohne Aufteilung in einzelne Referenzanlagen

2.6 Datenstruktur der CSV-Dateien Output_Szenario

Die CSV-Dateien beinhalten die folgenden Daten:

- Spalte A: Datum und Uhrzeit (Beginn der Stunde)
- Spalte B und weitere: verschiedene Referenzprofile basierend auf den unterschiedlichen Ausrichtungen und Neigungen in Zeile 1 und 2.
- Zeile 1: Neigung der Referenzanlage in Grad
- Zeile 2: Ausrichtung der Referenzanlage in Grad
- Zeile 3 bis 131'402: Energieertrag in kWh der jeweiligen Referenzanlage auf Stundenbasis beginnend mit dem 01.01.2004 bis zum 31.12.2018

¹ BFS Bundesamt für Statistik <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/grundlagen/agvch.html>

	A	B	C	D	E	F
1		80	60	60	8	3
2		0	225	135	90	270
3	01.01.2004 00:00	0	0	0	0	0
4	01.01.2004 01:00	0	0	0	0	0
5	01.01.2004 02:00	0	0	0	0	0
6	01.01.2004 03:00	0	0	0	0	0
7	01.01.2004 04:00	0	0	0	0	0
8	01.01.2004 05:00	0	0	0	0	0
9	01.01.2004 06:00	0	0	0	0	0
10	01.01.2004 07:00	0.0271	0.0347	0.1862	0.0547	0.0670
11	01.01.2004 08:00	0.2277	0.3835	1.0698	0.5170	0.8833
12	01.01.2004 09:00	0.4299	0.7725	1.3749	0.9613	1.8615

2.7 Inhalt der CSV-Dateien Output_Gemeinde

Die CSV-Dateien beinhalten die folgenden Daten:

- Spalte A: Datum und Uhrzeit (Beginn der Stunde)
- Spalte B: Szenario GP (Gesamtpotenzial)
- Spalte C: Szenario ZWB (Zubau wie bisher)
- Spalte D: Szenario MWP (Maximales Winterstrompotenzial)
- Spalte E: Szenario AWS (Anreiz Winterstrom)
- Spalte F: Szenario FA (Flachdächer aufgeständert)
- Zeilen 1 bis 131'400: Energieertrag in kWh des jeweiligen Szenarios auf Stundenbasis beginnend mit dem 01.01.2004 bis zum 31.12.2018

	A	B	C	D	E	F
1	01.01.2004 00:00	0	0	0	0	0
2	01.01.2004 01:00	0	0	0	0	0
3	01.01.2004 02:00	0	0	0	0	0
4	01.01.2004 03:00	0	0	0	0	0
5	01.01.2004 04:00	0	0	0	0	0
6	01.01.2004 05:00	0	0	0	0	0
7	01.01.2004 06:00	0	0	0	0	0
8	01.01.2004 07:00	95.7118	30.4276	69.6566	41.4091	5.1233
9	01.01.2004 08:00	698.5047	304.5009	474.7119	336.0208	48.6784
10	01.01.2004 09:00	1161.0984	580.5926	740.1219	577.1059	88.0579
11	01.01.2004 10:00	1611.2788	809.3798	1028.8660	801.4111	122.2586