



Solarpotenzial Schweiz

Solarwärme und PV auf Dächern und Fassaden

Impressum

Auftraggeber Kontaktperson Adresse	Swissolar David Stickelberger Neugasse 6 8005 Zürich Schweiz
Datum Aktuelle Version	13.01.2017 Schlussbericht
Projektnummer Datei	16_088 Solarpotenzial Schweiz
Erstellt durch Kontrolliert durch Genehmigt durch	Jan Remund 12.01.2017 René Cattin 12.01.2017 Beat Schaffner
Gewährleistung	Meteotest gewährleistet ihren Kunden eine sorgfältige und fachgerechte Auftragsbearbeitung. Jegliche Haftung, insbesondere auch für Folgeschäden, wird im Rahmen des gesetzlich Zulässigen wegbedungen.

Zusammenfassung

Die Potenziale der Solarwärme und des Solarstroms wurden auf Basis der neuesten Datengrundlagen neu berechnet. Diese haben sich seit der letzten gesamtschweizerischen Schätzung des BAFU (2012) stark verbessert – dies v.a. auf Grund des nationalen Solardachkatasters (www.sonnendach.ch).

Die Solarpotenzialschätzungen von 2017 liegen deutlich höher als in der Studie von 2012. Für die Solarwärme beträgt das Potenzial rund 10 TWh und für den Solarstrom rund 30 TWh. Rund 80% der Potenziale kommen von den Dächern, rund 20% von den Fassaden. Das wirtschaftliche Potenzial auf den Dachflächen – wenn alle gut geeigneten Dächer belegt würden – liegt bei knapp 50 TWh.

Die Berechnung der Dachpotenziale kann auf Grund des vorliegenden Solardachkatasters und der Untersuchung von e4plus mittlerweile genau – viel genauer als im Jahr 2012 – berechnet werden. Die grösste Unsicherheit liegt im Bereich der Umsetzung zwischen dem wirtschaftlichen und dem nachhaltigen Potenzial.

Die Fassadenpotenziale sind unsicherer, da hier eine genaue Analyse der Fassadenstrukturen (Türen, Fenster, Balkone) fehlen. Es wurde deshalb mit konservativen Faktoren abgeschätzt.

Inhalt

1	Einleitung	5
2	Grundlagen und Methode	6
2.1	Datengrundlage	6
2.1.1	Regionen.....	6
2.2	Methode.....	7
2.2.1	Berechnung der Dach- und Fassadenpotenziale	7
2.2.2	Wirkungsgrade	8
2.2.3	Aufteilung in drei Solarpotenziale bezüglich der Technologie	8
2.2.4	Potenzialdefinitionen	8
3	Potenziale	10
3.1	Dach- und Fassadenpotenziale.....	10
3.2	Fassadenpotenzial Wärme und Solarstrom.....	12

Tabellen

Tabelle 1:	Nachhaltige Potenziale der Solarwärme und des Solarstroms. Die Solarwärme-Potenziale auf Dach und Fassaden sind nur bedingt addierbar und der Wert deshalb in Klammern gesetzt.	10
Tabelle 2:	Vergleich Dach-Potenzialstudien 2012 (BAFU) und 2017 (Swissolar) bezüglich Solarstrom 2 (nur PV-Anlagen) und Solarthermie auf Dächern.....	10
Tabelle 3:	Fassadenpotenziale Solarwärme und Solarstrom 2.....	12

Abbildungen

Abbildung 1:	Untersuchungsgebiete (Gemeinden) für Fassaden und Dachpotenziale. Blau = Abdeckung Sonnendach.ch, Grün = Testgebiet Fassadenpotenziale.	7
Abbildung 2:	Schema der verschiedenen zu berechnenden Potenziale.	9
Abbildung 3:	Berechnung des nachhaltigen Potenzials für den Solarstrom auf den Schweizer Hausdächern.	11
Abbildung 4:	Berechnung des nachhaltigen Potenzials für den Solarstrom an Fassaden. Der Buchstabe "D" in den grünen Kästchen steht für Dachflächen: es standen keine Fassadenflächen für diese Hochrechnung zur Verfügung.	13

1 Einleitung

Swissolar hat Meteotest beauftragt, das nachhaltige Solarpotenzial der Schweiz neu zu berechnen. Grundlage ist das gesamtschweizerische Solardachkataster www.sonnendach.ch des Bundesamts für Energie (BFE). Dieses deckt mittlerweile rund 50% der Gebäude und 1/3 der Fläche der Schweiz ab. Zwischengeschaltet ist die Analyse von e4plus¹, in der die technische Umsetzbarkeit der Dachnutzungen analysiert wurde. Als Basis zur Hochrechnung für die ganze Schweiz diente die Potenzialanalyse von 2012 des Bundesamts für Umwelt (BAFU)².

¹ e4plus, 2016: Solarkataster sonnendach.ch. Berechnung von Potenzialen in Gemeinden. Bericht z.Hd. Bundesamt für Energie, Bern.

² <https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/en/dokumente/energie/externe-studien-berichte/energiestrategie2050berechnungderenergiepotenzialefuerwind-undso.pdf.download.pdf/energiestrategie2050berechnungderenergiepotenzialefuerwind-undso.pdf>.

2 Grundlagen und Methode

2.1 Datengrundlage

Die Berechnung basiert auf den Daten des Solarkatasters der Schweiz (www.sonnendach.ch) des BFE, welches Meteotest erstellt hat³. Das Solarkataster der Schweiz umfasst sowohl die Dächer als auch die Fassaden. Da [sonnendach.ch](http://www.sonnendach.ch) noch nicht die ganze Schweiz abdeckt, wurden die bisher berechneten Gebiete anhand der früheren Potenzialstudie von 2012 des BAFU hochgerechnet.

2.1.1 Regionen

Abbildung 1 zeigt die Untersuchungsgebiete. [sonnendach.ch](http://www.sonnendach.ch) wird regionsweise berechnet sobald die Gebäudedaten (swissBUILDING3D 2.0⁴) der Swisstopo bereitgestellt werden. Im Herbst 2016 standen die blauen Gebiete zur Verfügung, welche ca. 50% der Dachflächen der Schweiz abdecken. Ein zweites Teilgebiet (grüne Fläche) diente zur Analyse der Vergleiche zwischen dem von e4plus berechneten technischen Potenzial und dem Verhältnis der Wärmeproduktion der einzelnen Gebäudefassaden. Beide Teilgebiete umfassen flache, gebirgige, städtische und ländliche Regionen und sind damit einigermassen repräsentativ für die Schweiz. Die Vergleiche wurden mit für die Gemeinden aggregierten Werten erstellt.

³ http://www.bfe.admin.ch/geoinformation/06409/index.html?lang=de&dossier_id=06527

⁴ <https://shop.swisstopo.admin.ch/de/products/landscape/build3D2>



Abbildung 1: Untersuchungsgebiete (Gemeinden) für Fassaden und Dachpotenziale. Blau = Abdeckung Sonnendach.ch, Grün = Testgebiet Fassadenpotenziale.

2.2 Methode

2.2.1 Berechnung der Dach- und Fassadenpotenziale

1. **Potenzial auf Dächern:** Das BFE hat im Herbst 2016 durch e4plus einen Potenzialrechner erstellen lassen. Als Basis diente das Solarkataster der Schweiz (www.sonnendach.ch), das im Herbst 2016 rund 1/3 der Fläche (und 50% der Gebäude) der Schweiz umfasste (blaue Fläche in Abbildung 1). e4plus hat detaillierte Abzüge für das technische Potenzial gerechnet und diese pro Gemeinde aggregiert. Diese Daten wurden verwendet und damit das Schweizer Potenzial mit Hilfe der BAFU-Studie 2012 hochgerechnet (siehe auch Abbildung 3).
2. **Potenzial auf Fassaden:** Meteotest hat für das BFE bislang die Einstrahlung auf die Fassaden für 1/3 der Fläche der Schweiz gerechnet (blaue Fläche in Abbildung 1). Die Daten werden zudem anhand eines Testgebiets im Mittelland (grüne Fläche) geeicht. Mit Hilfe des Schweizer Potenzials der BAFU-Studie 2012 wird dieses ebenfalls auf die gesamte Schweiz hochgerechnet (siehe auch Abbildung 4).

Das Resultat der Untersuchung sind die nachhaltigen Potenziale der Solarwärme und Solarstroms auf den Dächern und Fassaden der Schweiz.

2.2.2 Wirkungsgrade

Basierend auf sonnendach.ch wird für die **Photovoltaik** ein PV-Modulwirkungsgrad von 17% und eine Performance Ratio von 0.8 verwendet, was dem durchschnittlichen Stand der heutigen Technik entspricht.

Für die **Solarthermie** ist die Berechnung der Erträge komplexer, da davon ausgegangen wird, dass die Wärme nur lokal gespeichert wird und die Produktion nicht grösser als der Verbrauch sein kann. Der Ertrag der Solarthermie wurde einzeln pro Dach- und Fassadenfläche berechnet und je für den Verbrauch optimiert. Deshalb können die Werte für Fassade und Dachflächen nicht addiert werden, da sonst der Ertrag den Verbrauch übersteigt. Der Wirkungsgrad von Solarthermie-Anlagen ist abhängig von der Kollektorfläche und dem Gebäude-Dämmstandard und liegt im Bereich von 30–45%.

2.2.3 Aufteilung in drei Solarpotenziale bezüglich der Technologie

Die Aufteilung basiert auf der Studie von e4plus zur Abschätzung der Gemeindepotenziale (2016).

1. **Potenzial Solarwärme:** Berechnung des zu erwartenden Ertrages an Solarwärme.
2. **Potenzial Solarstrom 1:** Berechnung des zu erwartenden Ertrages an Solarstrom, falls auf den Dächern PV-Anlagen und Solarwärme installiert werden.
3. **Potenzial Solarstrom 2:** Berechnung des zu erwartenden Ertrages an Solarstrom, falls nur PV-Anlagen installiert würden.

Das Potenzial "**Solarstrom 1**" kann nur gemeinsam mit dem Potenzial "**Solarwärme**" berechnet werden. Dachflächen mit dem grössten Solarwärme-Potenzial werden hier immer in erster Priorität mit Solarwärme belegt. Falls der Solarwärme-Ertrag der verfügbaren Teildachfläche den mit Sonnenenergie abdeckbaren Wärmebedarf übersteigt, wird nur diese Fläche des Teildaches für Solarwärme verwendet. Die restliche Fläche wird dann mit PV-Modulen bedeckt.

Im "**Potenzial Solarstrom 2**" wird das Solarstrompotenzial aus sämtlichen geeigneten Teildachflächen (Dachfläche > 10 m², Eignung top, sehr gut oder gut) in einer Gemeinde aggregiert.

Diese Einteilung entspricht nicht derjenigen von der Studie von 2012, was die Vergleichbarkeit erschwert.

2.2.4 Potenzialdefinitionen

Es wurde nach einem in der Energiewirtschaft üblichen Ansatz vorgegangen, die Potenziale unter zunehmend restriktiven Rahmenbedingungen in mehreren

Schritten einzugrenzen. Zudem wurde der Ansatz der Nachhaltigkeit berücksichtigt. Die verwendeten Kriterien basieren auf der Potenzialstudie des BAFU (2012).

Abbildung 2 erläutert die Systematik:

- Das **"technische Potenzial"** berücksichtigt den Stand der Technik heute und entspricht dem Potenzial der Dachflächen- und Fassaden von www.sonnendach.ch.
- Das **"ökologisch/kulturhistorische"** und das **"gesellschaftliche Potenzial"** werden unter Berücksichtigung von ökologischen und kulturhistorischen Aspekten (Berücksichtigung von Schutzobjekten) sowie von gesellschaftlichen Aspekten unabhängig voneinander abgeschätzt.
- Das **"wirtschaftliche Potenzial"** basiert auf der Analyse von e4plus. In dieser Studie wurden Reduktionsfaktoren für Dachflächen auf Basis von sonnendach.ch für Solarthermie und -strom berechnet. In der e4plus-Studie wird dieses als technisches Potenzial bezeichnet. Es entspricht aber im Vergleich zur BAFU-Studie eher dem wirtschaftlichen und wird hier deshalb so bezeichnet.
- Die Schnittmenge dieser drei Potenziale bildet das **"nachhaltige Potenzial"**.

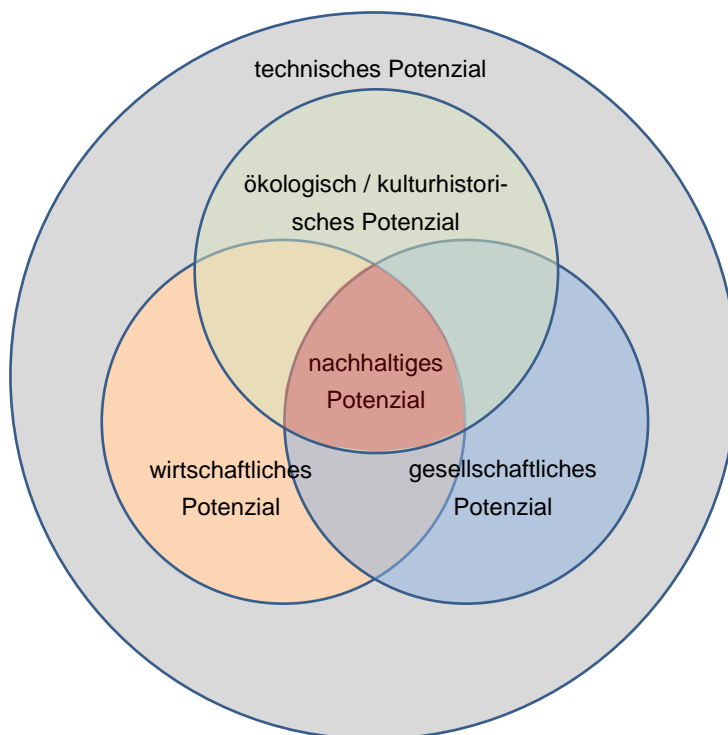


Abbildung 2: Schema der verschiedenen zu berechnenden Potenziale.

3 Potenziale

3.1 Dach- und Fassadenpotenziale

Tabelle 1 zeigt die nachhaltigen Potenziale der Solarwärme und des Solarstroms für die gesamte Schweiz.

Tabelle 1: Nachhaltige Potenziale der Solarwärme und des Solarstroms. Die Solarwärme-Potenziale auf Dach und Fassaden sind nur bedingt ad-dierbar und der Wert deshalb in Klammern gesetzt.

Potenzial	Solarwärme [TWh]	Solarstrom 1 [TWh]	Solarstrom 2 [TWh]
Dach	8.2	17.0	24.6
Fassade	2.6	-	5.6
Total	(10.8)	-	30.2

In Tabelle 2 sind die einzelnen **Dach-Potenziale** (technisch, wirtschaftlich, gesellschaftlich und nachhaltig) für Solarstrom 2 (nur PV-Anlagen) und Solarthermie für die gesamte Schweiz aufgelistet und mit den Resultaten der BAFU-Studie von 2012 verglichen. Der Vergleich hinkt insofern, dass im Jahr 2012 der Solarstrom nicht auf die gleiche Art und Weise aufgeteilt wurde. Die damaligen Abzüge – 2 m² pro Dach – für die Solarwärme sind in einem ersten Schritt vernachlässigbar.

Tabelle 2: Vergleich Dach-Potenzialstudien 2012 (BAFU) und 2017 (Swissolar) bezüglich Solarstrom 2 (nur PV-Anlagen) und Solarthermie auf Dächern.

Solarpotenzial	Potenzialart	2012 (BAFU) [TWh]	2017 (Swissolar) [TWh]	Veränderung [%]
Solarstrom 2	Technisches	77.9	100.5*	+29%
	Wirtschaftliches	35.8	51.8**	+45%
	Schutzobjekte	74.0	95.5	+29%
	Gesellschaftliches	34.4	49.3	+43%
	Nachhaltiges	15.5	24.6	+59%
Solarwärme	Nachhaltiges	8.8	8.2	-7%

* entspricht landesweiter Hochrechnung aus www.sonnendach.ch

** entspricht landesweiter Hochrechnung aus Analysen von e4plus

Die neuen Potenziale für den Solarstrom sind deutlich höher als diejenigen von 2012. Sie liegen mit 24.6 TWh rund 60% höher. Für die Solarwärme sind diese leicht tiefer (-7%). Das gesellschaftliche Potenzial auf den Dachflächen – wenn

alle gut geeigneten und nicht geschützten Dächer belegt würden – liegt bei knapp 50 TWh. Das neue technische Potenzial liegt um 29% höher.

Die Hauptgründe für die starken Veränderungen sind die deutlich genaueren Kenntnisse und Analysen der Dachflächen auf Basis vom Schweizer Solarkataster (sonnendach.ch) und der Arbeit von e4plus sowie die unterschiedlichen Quellen der Einstrahlungsdaten. In der Arbeit von 2012 (BAFU) wurden die Faktoren, basierend auf einer ersten Solarkatasterstudie in der Stadt Bern, pauschal und bewusst konservativ geschätzt.

Die Studie von 2012 basierte auf Meteonorm⁵ und der Zeitperiode 1981–2000. sonnendach.ch basiert auf Satellitendaten der MeteoSchweiz der Jahre 2004–2014. Die Periode 2004–2014 weist in tieferen Lagen eine um rund 8% höhere Globalstrahlung auf als die Periode 1981–2000. Zudem überschätzt die Satellitenmethode die Strahlung um 2–3% und die Umrechnung auf die geeignete Fläche erhöht diese beiden Differenzen zusätzlich. Ungefähr 10–15% der Zunahme (oder relativ 30–50% des Unterschieds) sind durch die Verwendung der unterschiedlichen Strahlungsdaten begründet. Die neuen Potenzialwerte dürften auf Grund der Satellitendaten leicht (3–4%) überschätzt sein.

Abbildung 3 zeigt die Hochrechnungsfaktoren für die gesamtschweizerische Hochrechnung sowie das nachhaltige Potenzial.

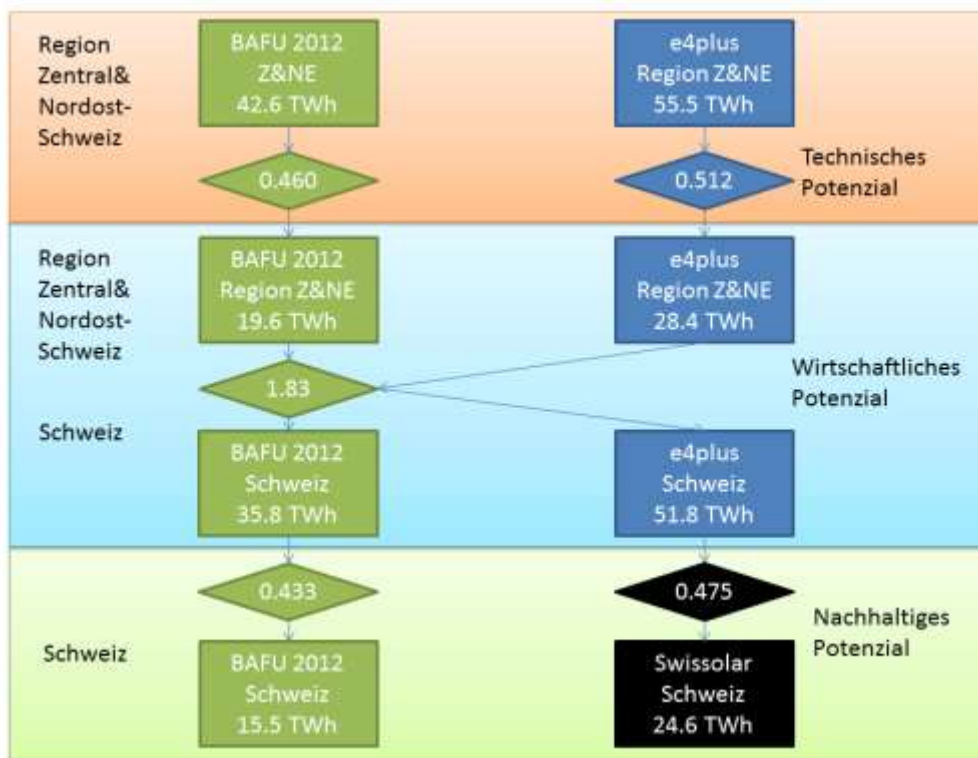


Abbildung 3: Berechnung des nachhaltigen Potenzials für den Solarstrom auf den Schweizern Hausdächern.

⁵ www.meteonorm.com

Grüne Kästchen entsprechen der BAFU-Studie 2012, blaue Kästchen der Studie von e4plus und schwarze der aktuellen. Die rote Fläche zeigt das technische Potenzial, die blaue das wirtschaftliche und das grüne das nachhaltige. Das wirtschaftliche Potenzial der e4plus-Studie für die Region Z&NE wurde mit Hilfe des aus der BAFU Studie gefundenen Verhältnis zwischen der Region Z&NE und der gesamten Schweiz (1.83) multipliziert. Damit wurde das wirtschaftliche Potenzial der gesamten Schweiz berechnet. Das nachhaltige Potenzial wurde mit den Faktoren 0.50 (50% der Dachflächen werden überbaut) und 0.95 (5% der Dachflächen sind geschützt) multipliziert.

Die Faktoren zwischen dem technischen und wirtschaftlichen sowie zwischen dem technischen und nachhaltigen Potenzial sind in der aktuellen Studie leicht höher als in der BAFU-Studie von 2012. Der Faktor zwischen dem technischen und dem wirtschaftlichen Potenzial ist höher, da dieser nunmehr mit der Studie von e4plus detailliert analysiert und berechnet wurde anstatt konservativ abgeschätzt.

Der Faktor zwischen dem wirtschaftlichen und dem nachhaltigen Potenzial ist in dieser Berechnung höher als in der BAFU-Studie von 2012, da der Anteil der Dächer, von denen angenommen wird, dass diese bebaut werden, erhöht wurde. Weiterhin wurde mit einer Quote von 5% der Hausdächer gerechnet, die aus denkmalpflegerischen Gründen geschützt sind.

In der Studie von 2012 wurde mit einem Umsetzungs-Anteil von 60% für grosse Dachflächen (> 1'000 m²) und 40% für kleinere (< 1'000 m²) gerechnet. Dieser Anteil wurde als gesellschaftlicher / sozialer Aspekt betitelt. In der aktuellen Studie wurde ebenfalls mit einem Anteil von 50% gerechnet, da dieser Aspekt zu unsicher ist, um variiert zu werden.

Es gibt verschiedene Gründe für den Nicht-Bau von Solaranlagen, die in diesem Aspekt enthalten sind. Diese können technischer (z.B. zu schwache Dachkonstruktion) oder individueller Natur sein (Besitzer möchte keine solche Anlage oder kann diese nicht finanzieren).

3.2 Fassadenpotenzial Wärme und Solarstrom

Das Fassadenpotenzial wurde auf Grund von sonnendach.ch berechnet. Tabelle 3 enthält die Potenzialwerte.

Tabelle 3: Fassadenpotenziale Solarwärme und Solarstrom 2.

Potenziale Dach	Solarwärme [TWh]	Solarstrom 2 [TWh]
Technisches	27.7	59.4
Wirtschaftliches	5.6	11.9
Nachhaltiges	2.6	5.6

Die technischen Potenziale sind relativ hoch auf Grund der grossen zu Verfügung stehenden Fassadenfläche – trotz der einberechneten Verschattung. Dieser Wert ist aber theoretisch. Er gilt nur für Gebäude, die keine (kleineren) Balkone, Türen und Fenster aufweisen. Es müssen deshalb hohe Abschläge für die Berücksichtigung dieser Elemente einberechnet werden. Damit sinken die wirtschaftlichen und die nachhaltigen Potenziale stark ab. Abbildung 4 zeigt den Ablauf der Berechnung für den Solarstrom 2.

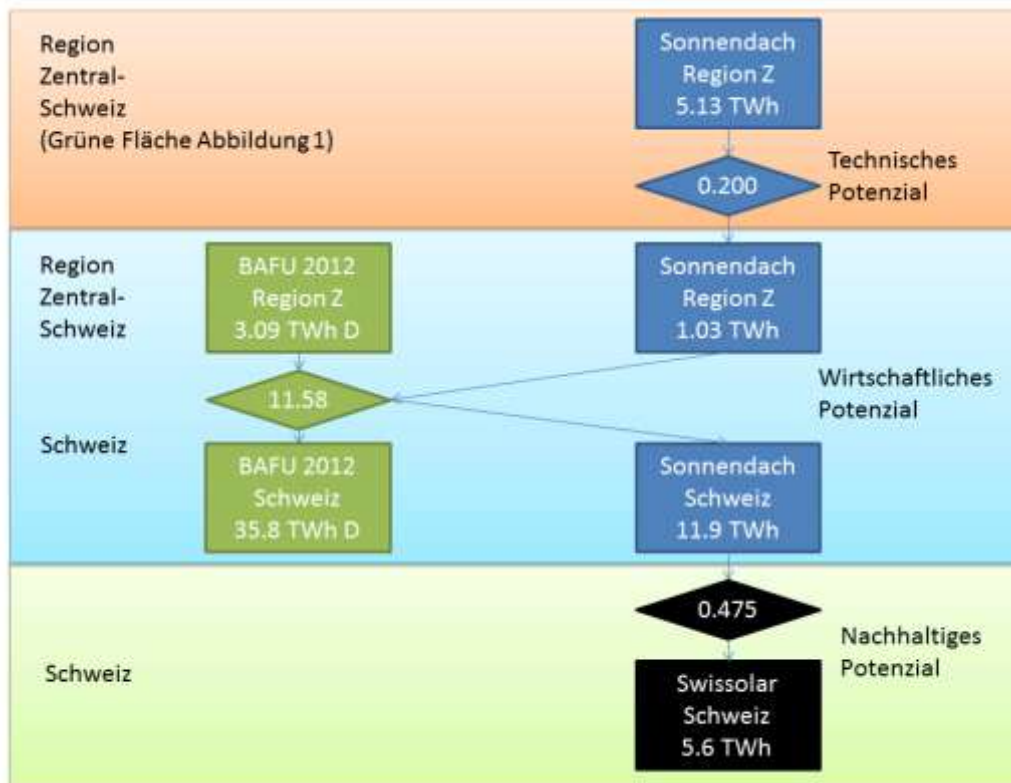


Abbildung 4: Berechnung des nachhaltigen Potenzials für den Solarstrom an Fassaden. Der Buchstabe "D" in den grünen Kästchen steht für Dachflächen: es standen keine Fassadenflächen für diese Hochrechnung zur Verfügung.

Das für die Teilregion "Z" (grüne Fläche in der Abbildung 1) bestimmte wirtschaftliche Potenzial wurde mit dem aus der BAFU Studie gefundenen Verhältnis zwischen der Region "Z" und der gesamten Schweiz (11.58) multipliziert, um das gesamtschweizerische Potenzial zu berechnen.

Es werden zwei wichtige Faktoren verwendet, die beide unsicher sind. Erstens wird ein Faktor von 0.2 angewendet um vom technischen auf das wirtschaftliche Potenzial zu schliessen. Dieser Faktor ist einerseits begründet auf dem von e4plus gefundenen Faktor für die Dächer (0.51) und dem Anteil der Fenster und Türen einer Fassade, die im Schnitt in der Schweiz 60% ausmachen. Der zweite Faktor wird verwendet um vom wirtschaftlichen auf das nachhaltige Potenzial zu schliessen. Es entspricht dem Faktor für die Dachflächen.

Beim Wärmeertrag darf zudem nicht die Summe aller Fassaden gebildet werden, da jede einzelne Fassade den Gesamtbedarf des Gebäudes deckt (soweit möglich). Deshalb wurde die Fassade mit der maximalen Wärmeproduktion verwendet. Anhand eines Testgebiets (grüne Fläche in Abbildung 1) wurde das Verhältnis der maximalen Fassade zur Gesamtsumme aller Fassaden bestimmt. Der Medianwert dieses Verhältnisses liegt bei 0.34 (34%). Genau genommen darf damit auch nicht das Solarwärmepotenzial auf den Fassaden und den Dächern addiert werden (deshalb ist dieser Wert in Tabelle 1 in Klammern gesetzt worden).

Das Fassaden-Potenzial für den Solarstrom 1 wurde nicht berechnet. Es dürfte im Bereich von 3 TWh liegen.