

# PHOTOVOLTAIK-POTENZIAL-DASHBOARD FÜR DIE FORTIMO SOLUTIONS AG



## MSc Wirtschaftsinformatik – Business Intelligence & Analytics Case Study

Eingereicht am: 18. Juni 2021 von

Maurin Büche, Teufenerstrasse 8, 9042 Speicher, [maurin.bueche@ost.ch](mailto:maurin.bueche@ost.ch)

Katharina Giger, Kappellenstrasse 8, 9000 St.Gallen, [katharina.giger@ost.ch](mailto:katharina.giger@ost.ch)

Marc Giger, Teufenerstrasse 119, 9000 St.Gallen, [marc.giger@ost.ch](mailto:marc.giger@ost.ch)

Manuel Scheuber, Helvetiastrasse 35, 9000 St.Gallen, [manuel.scheuber@ost.ch](mailto:manuel.scheuber@ost.ch)

## **Quellennachweis Titelblatt**

Data Driven Decision Making [Bild]. (o.D.). Gefunden am 04.04.2021 unter  
<https://www.idg.com/what-drives-executives-to-adopt-data-driven-decision-making/>

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>III</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>V</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>VIII</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>9</b>
1.1 Gegenstand der Case Study .....	9
1.2 Methodik.....	9
<b>2 Ziele und Informationsbedarf.....</b>	<b>10</b>
<b>3 Datensammlung / Datenbeschaffung .....</b>	<b>12</b>
3.1 Datenquellen .....	12
3.2 Datensätze .....	18
<b>4 Datenanalyse.....</b>	<b>19</b>
4.1 Selektieren .....	20
4.2 Modellieren.....	27
4.3 Visualisieren .....	37
<b>5 Schlusswort .....</b>	<b>40</b>
5.1 Zielüberprüfung .....	40
5.2 Learnings .....	41
5.3 Weiteres Vorgehen Fortimo Solutions AG .....	42
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>43</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>44</b>
A Datenquellen Detailbeschreibung .....	44
B Detailliertes Vorgehen beim Zusammenführen der Daten.....	64
C Berechnung Eignung .....	66

---

<b>Vertraulichkeitserklärung .....</b>	<b>67</b>
--	-----------

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Netzwerk Attraktive Photovoltaik Standort. ....	11
Abbildung 2: Solarpotenzial Helvetiastrasse 35, St. Gallen. ....	13
Abbildung 3: Visualisierung Solarenergiepotenziale der Schweizer Gemeinden.....	13
Abbildung 4: Berechneter Jahrestarif PV-Tarife Jahr 2021. ....	14
Abbildung 5: Die kantonalen Strompreise im Vergleich. ....	15
Abbildung 6: Mitglieder und Energiestädte aus der ganzen Schweiz. ....	15
Abbildung 7: Schweizer Ladestationen für Elektroautos. ....	16
Abbildung 8: Anzahl der Arbeitsstätten nach Kantonen. ....	17
<i>Abbildung 9: Vorgehen Datenanalyse. ....</i>	<i>19</i>
Abbildung 10: Ergebnisse der Durchgänge in den Datenanalysen. ....	19
Abbildung 11: Selektion der zu verwendenden Datensätze. ....	20
Abbildung 12: Einwohner / Solarpotenzial / Energiestadt.....	23
Abbildung 13: Anzahl Arbeitsstätten / Fläche m <sup>2</sup> .....	24
Abbildung 14: Arbeitsstätten / Beschäftigte. ....	24
Abbildung 15: Solarpotenzial / Arbeitsstätten. ....	25
Abbildung 16: Ladestationen / Energiestadt. ....	26
<i>Abbildung 17: Histogramm: Anzahl Gemeinden in SG / Anzahl Arbeitsstätten. ....</i>	<i>26</i>
Abbildung 18: Boxplot-Darstellung Einkauf / Verkauf / Delta.....	28
<i>Abbildung 19: Cluster Solarpotenzial / Wirtschaftspotenzial / Standortpotenzial. ....</i>	<i>29</i>
Abbildung 20: Histogramm: Anzahl Gemeinden in SG / Anzahl Arbeitsstätten nach Dezilen. .....	30
Abbildung 21: Berechnung der Anzahl Cluster mittels ELBOW Methode.....	31
Abbildung 22: kMedoids Cluster mit 5 Medoiden. ....	32
<i>Abbildung 23: 3D-Darstellung Clusters.....</i>	<i>32</i>
<i>Abbildung 24: Solarpotenzial pro Cluster dargestellt in Boxplots. ....</i>	<i>33</i>
Abbildung 25: Standortpotenzial pro Cluster dargestellt in Boxplots. ....	33
Abbildung 26: Wirtschaftspotenzial pro Cluster dargestellt in Boxplots. ....	34

---

Abbildung 27: Entscheidungsbaum der Tiefe zwei. ....	35
Abbildung 28: Entscheidungsbaum der Tiefe drei.....	36
Abbildung 29: Visualisierung Cluster auf Schweizer Karte.....	37
Abbildung 30: Visualisierung alle Cluster Beispiel. ....	38
Abbildung 31: Visualisierung Cluster 3 Ostschweiz .....	39
Abbildung 32: Visualisierung alle Cluster Ostschweiz.....	39

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ziele und Informationsbedarf.....	10
Tabelle 2: Gemeinsame Eigenschaften aller Datensätze.....	18
Tabelle 3: Gesamtübersicht der Daten. ....	22
Tabelle 4: Konfusionsmatrix der Tiefe zwei. ....	36
Tabelle 5: Konfusionsmatrix der Tiefe drei.....	36
Tabelle 6: Zielüberprüfung der Datenanalyse. ....	41
Tabelle 7: Beschreibung Datensatz Solarenergiepotenziale. ....	44
Tabelle 8: Detailbeschreibung Inhalt Datensatz Solarenergiepotenziale.....	47
Tabelle 9: Beschreibung Datensatz Einkauf. ....	47
Tabelle 10: Detailbeschreibung Inhalt Datensatz Rohdaten Tarifierhebung ElCom 2021 .....	50
Tabelle 11: Detailbeschreibung Inhalt Datensatz Schweizerische Gemeinden und zuständige Stromnetzbetreiber.....	50
Tabelle 12: Beschreibung Datensatz Stromtarife Verkauf.....	51
Tabelle 13: Detailbeschreibung Inhalt Datensatz Stromtarife Verkauf zuständige Elektrizitätswerke. ....	52
Tabelle 14: Detailbeschreibung Inhalt Datensatz Stromtarife Verkauf zuständige Elektrizitätswerke. ....	53
Tabelle 15: Beschreibung Datensatz Elektrofahrzeuge-Ladestationen. ....	53
Tabelle 16: Detailbeschreibung Inhalt Datensatz Elektrofahrzeuge-Ladestationen.....	56
Tabelle 17: Beschreibung Datensatz Energiestädte .....	56
Tabelle 18: Detailbeschreibung Inhalt Datensatz Energiestädte JSON.....	58
Tabelle 19: Beschreibung Datensatz Arbeitsstätten. ....	59
Tabelle 20: Detailbeschreibung Inhalt Datensatz Arbeitsstätten .....	59
Tabelle 21: Beschreibung Datensatz Gemeindedaten .....	60
Tabelle 22: Detailbeschreibung Inhalt Datensatz Gemeindedaten.....	63

## Abkürzungsverzeichnis

API	Application Programming Interface
BFE	Bundesamt für Energie
BFS	Bundesamt für Statistik
CH	Schweiz
CHF	Schweizer Franken
CSV	Comma seperated values Dateiformat
DIEMO	nationale Daten-Infrastruktur Elektromobilität
EICom	Eidgenössische Elektrizitätskommission
FSAG	Fortimo Solutions AG
FSAG	Fortimo Solutions AG
GB	Gigabyte
JSON	JavaScript Object Notation Dateiformat
kWh	Kilowattstunde
N/A	Not available
Pctl	Percentile
PLZ	Postleitzahl
PV	Photovoltaik
QGIS	Open-Source-Geographisches-Informationssystem.
SG	St. Gallen
Std. Dev	Standardabweichung
V.A.E	Vereinigte Arabische Emirate



# 1 Einleitung

Die Fortimo entwickelt, haltet und betreibt Immobilien. Sie identifiziert attraktive Entwicklungsstandorte oder Projekte in der Deutschschweiz und erstellt neuen, zeitgemässen Wohnraum oder auch Tourismusprojekte auf eigene Rechnung. Dabei deckt Fortimo die gesamte Wertschöpfungskette ab. Das bedeutet, sie steuert die Bereiche Planung, Realisation, Vermarktung, Bewirtschaftung und Finanzierung aktiv; auch da, wo sie von externen Planern, Dienstleistern und Fachleuten unterstützt wird. Die Bewirtschaftung der eigenen Anlageliegenschaften erfolgt inhouse. Aktuell sind Immobilien im Wert von über 1'084 Mio. CHF im Bestand der Gesellschaft bzw. in Entwicklung. Dauernd hält Fortimo Ausschau nach neuen Geschäftsfeldern und interessanten Investitionsmöglichkeiten. In diesem Kontext entstand u.a. in Dubai V.A.E eine Wohnüberbauung mit möblierten und bewirtschafteten Mietwohnungen. Ferner realisiert Fortimo ein erstes Parkhaus im Raum Basel. Seit 2019 produziert Fortimo mit eigenen Photovoltaikanlagen Öko-Strom auf den Dächern ihrer Projekte und bei Drittliegenschaften und gibt diesen an die Nutzerinnen und Nutzer ab.

## 1.1 Gegenstand der Case Study

Bei dieser Case Study geht es um letztere Opportunität, welche mit der Gesellschaft Fortimo Solutions AG (FSAG) betrieben wird. Aktuell werden vor allem Photovoltaikanlagen bei eigenen Liegenschaften installiert und betrieben. Allerdings ist die FSAG daran interessiert, weiter zu wachsen und möchte sich über weitere Dachflächen ausserhalb der eigenen Liegenschaften für die Installation von Photovoltaikanlagen erkundigen. Einfach gesagt möchte die FSAG Dachflächen mieten, damit Solarstrom zum Verkauf bzw. zur Einspeisung ins Netz produziert werden kann. Die Schweiz verfolgt grosse Ziele bezüglich des Einsatzes von erneuerbaren Energien, insbesondere Solarstrom, was die Realisierung zusätzlich begünstigt. Damit die FSAG den Markt gewinnorientiert bearbeiten kann, müssen zuerst vielversprechende Regionen anhand von existierenden Datensätzen ermittelt werden.

## 1.2 Methodik

Anhand des 5-Schritte Frameworks: *From Data To Decisions* soll für die FSAG eine datengestützte Grundlage geschaffen werden. In dieser Case Study werden die Schritte 1 bis 4 durchlaufen ohne Schritt 5 (Entscheid fällen/Massnahmenplan erstellen). Die folgenden Schritte werden in einzelne Kapitel gegliedert:

1. Definition von Zielen und Informationsbedarf
2. Daten sammeln
3. Daten analysieren
4. Informationen präsentieren

## 2 Ziele und Informationsbedarf

In diesem Kapitel werden die Ziele und der daraus entstehende Informationsbedarf für die FSAG behandelt. Die folgende Tabelle 1 listet die wesentlichen Punkte im Rahmen eines möglichen internen Auftrags auf, der als Grundlage für die Datenanalyse dient. Der Auftrag ist aus dem Top-down-Entscheid entstanden: Photovoltaikanlagen auf nicht unternehmenseigenen Dächern zu realisieren. Somit ist auch gegeben, dass der Informationsbedarf aus den strategischen Zielen stammt und die Aufarbeitung die FSAG unterstützt, die gesetzten Unternehmensziele zu erreichen.

<b>Auftrag / Fragestellung</b> Ermittlung attraktiver Standorte für Photovoltaikanlagen Welche Regionen der Schweiz soll die FSAG prioritär mit Photovoltaikanlagen bestücken, respektive mögliche Installationen prüfen?		A21.1
<b>Auftraggeber</b> (intern) Fortimo Solutions AG (Thomas Zähler)		
<b>Ziel:</b> Datengestützte Entscheidungsgrundlage zur Standortauswahl bzw. Eingrenzung der Marktbearbeitung von Photovoltaikanlagen	<b>Ausgerichtet an strategisches Ziel:</b> Per 2023 werden erste Photovoltaikanlagen auf fremden Dächern realisiert.	
<b>Stakeholder</b> (Interessenten) <ul style="list-style-type: none"><li>• Projektleitende Fortimo Solutions AG (Auftraggeber / Mitentscheider)</li><li>• Geschäftsleitung Fortimo AG (Mitentscheider)</li></ul>		
<b>Informationsbedarf</b> (Was müssen wir wissen?) wichtige Analysefragen: <ul style="list-style-type: none"><li>• Wo liegen Solarenergiepotenziale<sup>1</sup>?</li><li>• Welche Regionen sind interessant in Bezug auf den Strompreis?</li><li>• Welche Regionen haben ein Interesse für nachhaltigen Strom?</li><li>• Wo gibt es Ballungszentren von Flachdächern<sup>2</sup>?<ul style="list-style-type: none"><li>◦ Welches Baujahr haben die Flachdächer im Durchschnitt bzw. wann war die letzte Dachsanierung?</li></ul></li><li>• An welchen Standorten gibt es einen hohen Stromverbrauch?</li></ul>		
<b>Entscheide</b> (Welche Data-Driven Decisions werden davon abgeleitet?) <ul style="list-style-type: none"><li>• Massnahmenplan zur Bearbeitung der Regionen</li><li>• Nicht zu berücksichtigende Regionen</li></ul>		

Tabelle 1: Ziele und Informationsbedarf.

Quelle: eigene Darstellung.

<sup>1</sup> Das Bundesamt für Energie (BFE) hat das Solarenergiepotenzial aller Schweizer Dachflächen und Fassaden berechnet.

<sup>2</sup> Flachdächer bieten optimale Voraussetzung für Photovoltaikanlagen – optimaler Neigungswinkel 20 bis 60 Grad (Lindelaub, o. J.)

Anhand mehrerer iterativen Schritte, die u.a. Rücksprachen mit der FSAG beinhalteten, wurde ein Netzwerkdiagramm erstellt, das den Informationsbedarf umfangreich abdecken soll (vgl. Abbildung 1). Im Netzwerk grün markiert, sind Aspekte, die für eine aussagekräftige Datenanalyse näher untersucht werden. Zum einen sind diese Aspekte von Relevanz für die FSAG und zum anderen sind hierzu Datengrundlagen vorhanden. Mehr dazu im folgenden Kapitel 2 Datenbesammlung / Datenbeschaffung.

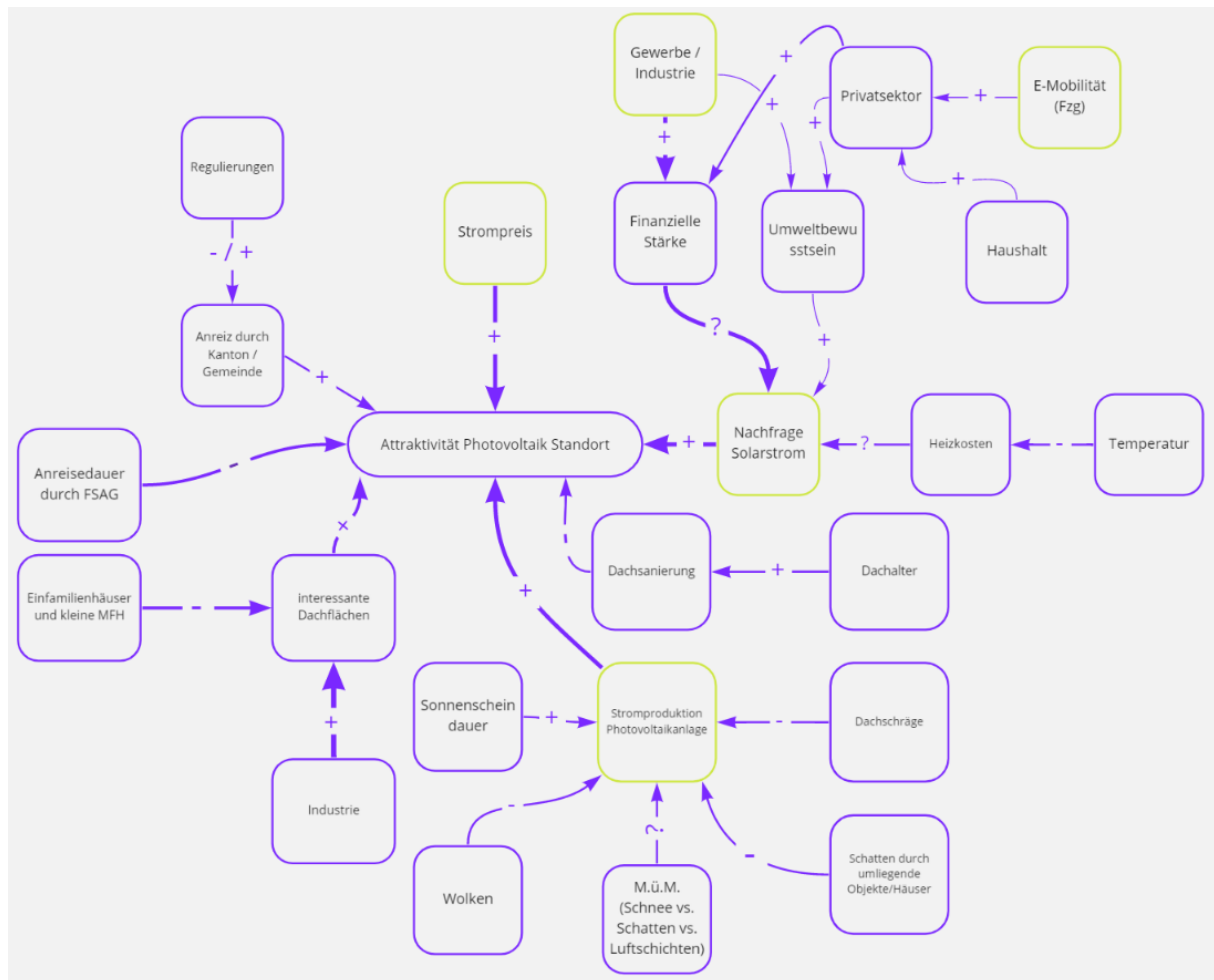


Abbildung 1: Netzwerk Attraktive Photovoltaik Standort.  
Quelle: eigene Darstellung.

### 3 Datensammlung / Datenbeschaffung

Es sollen Daten gesammelt werden, um die Fragestellung beantworten zu können: «Welche Regionen der Schweiz soll die Fortimo Solutions AG prioritär mit Photovoltaikanlagen bestücken respektive mögliche Installationen prüfen?».

Als erster Schritt in der Datensammlung wird der kleinste gemeinsame Nenner aller Datenquellen definiert. Damit soll der Begriff «Regionen» spezifiziert werden. In den Datenquellen wurden Geodaten einzelner Gebäude (tiefste Ebene) gefunden. Diese sind gemäss dem Dozierenden zwar spannend, aber auch komplex in der Handhabung und erfordern spezifische Tools. Deshalb wird die Analyse nicht auf der Ebene einzelner Gebäude stattfinden. Als nächste grössere Ebene wurden Gemeinden definiert. Eine Internetrecherche hat ergeben, dass in der Schweiz genügend öffentliche Datensätze im Bereich Solar, Strom und Gebäudedaten pro Gemeinde vorhanden sind. Zudem konnte die FSAG uns bestätigen, dass das Potenzial pro Gemeinde aussagekräftig genug ist, um die definierten Entscheide (vgl. Tabelle 1) fällen zu können.

Die Daten werden anhand dem definierten Informationsbedarf einmalig gesammelt. Als Datenquelle dienen öffentliche, im Internet verfügbare Datenquellen.

#### 3.1 Datenquellen

Nachfolgend wird erläutert, durch welche Daten die Fragen zum Informationsbedarf analysiert und beantwortet werden können. Zu Beginn jedes Unterkapitels wird jeweils auf den Detailbeschrieb des Datensatzes verwiesen.

##### 3.1.1 Wo liegen Solarenergiepotenziale?

Datensatz: Solarenergiepotenziale (vgl. A.1)

Das Bundesamt für Energie (BFE) hat auf der Plattform «Sonnendach» das Solarenergiepotenzial aller Schweizer Dachflächen und Fassaden berechnet. Als Datengrundlagen dienen Gebäude Geometrien, Gebäude- und Wohnungsdaten, eine Verschattungsanalyse sowie klimatologische Daten. (Klauser & Schlegel, 2016) Die nachfolgende Abbildung 2 zeigt beispielhaft die Darstellung der Daten von einem einzelnen Gebäude. Das orange markierte Dach weist ein hohes Solarenergiepotenzial auf. Für die Analyse wird die daraus erstellte Berechnung von Potenzialen in Gemeinden verwendet. (Bundesamt für Energie BFE, 2019) Dazu eine weitere Darstellung (vgl. Abbildung 3) der Solarenergiepotenziale, die im Rahmen einer Open Data Übung der Forschungsstelle für digitale Nachhaltigkeit der Universität Bern entstanden ist.



Abbildung 2: Solarpotenzial Helvetiastrasse 35, St. Gallen.

Quelle: Screenshot <https://www.uvek-gis.admin.ch/>.

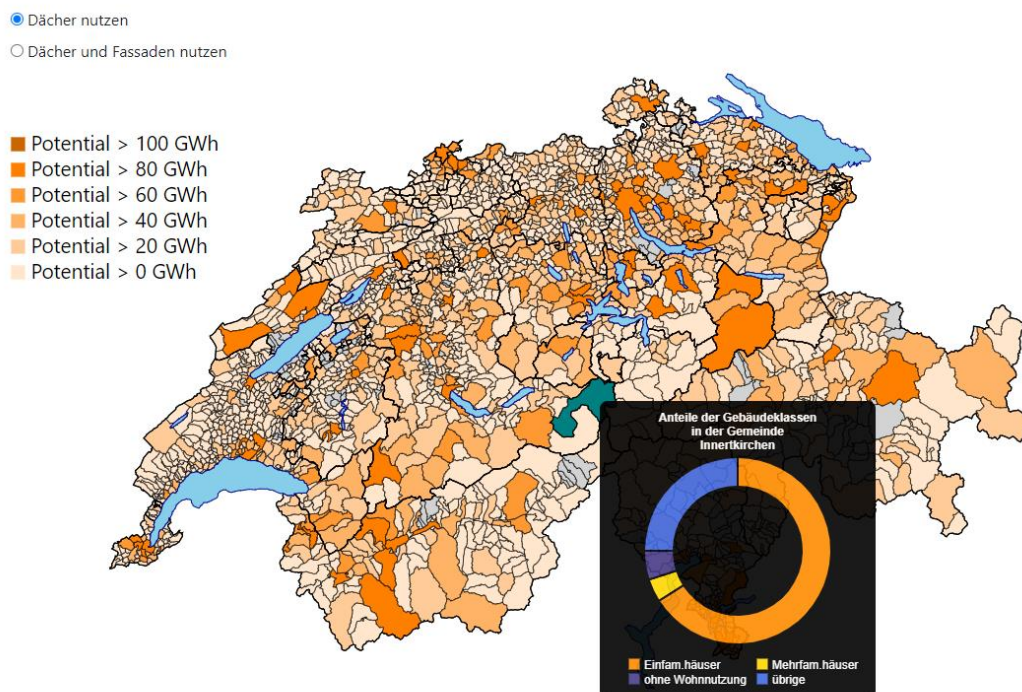


Abbildung 3: Visualisierung Solarenergiepotenziale der Schweizer Gemeinden.

Quelle: Screenshot <https://solarenergiepotenziale.opendata.iwi.unibe.ch/>.

Hilfreich wären auch Angaben über die aktuelle Verbreitung von Photovoltaikanlagen. Doch in der Markterhebung Sonnenenergie 2019 werden die Angaben über die Bestandes- und Verkaufszahlen von Kollektoren nur auf Ebene der Gesamtschweiz angegeben. (Hostettler, 2020)

### 3.1.2 Welche Regionen sind interessant in Bezug auf den Strompreis?

Datensätze: Stromtarife Ein- und Verkauf (vgl. A.2 & A.3)

Der von Photovoltaikanlagen generierte Strom muss gemäss dem Energiegesetz vom lokalen Elektrizitätswerk abgenommen und vergütet werden. Die Höhe der Vergütung kann dabei vom EW selbst festgelegt werden. (EnergieSchweiz, 2017) Pvtarif.ch erhebt, publiziert und vergleicht jährlich diese Vergütungen schweizweit. Nachfolgend eine Übersicht der PV-Tarife (Abbildung 4).

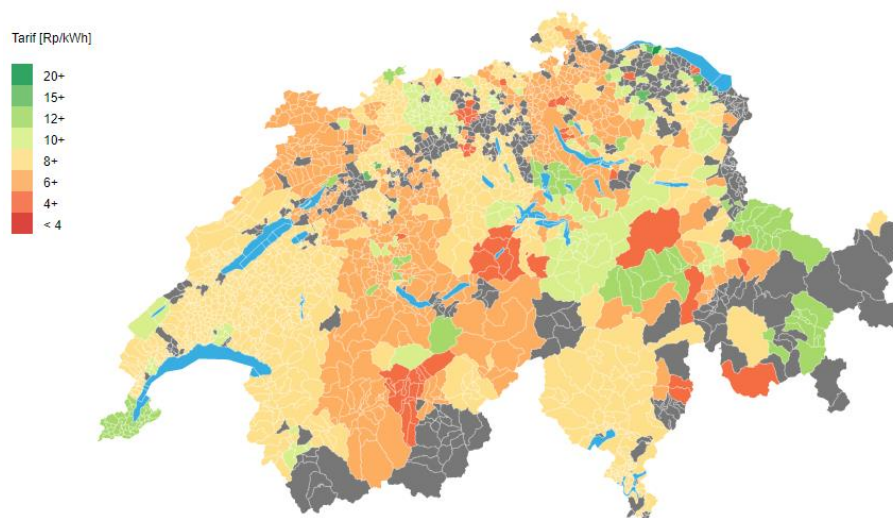


Abbildung 4: Berechneter Jahrestarif PV-Tarife Jahr 2021.

Quelle: Screenshot <https://www.vese.ch/pvtarif/>.

Die Tarif-Rohdaten der schweizerischen Verteilnetzbetreiber werden von der eidgenössischen Elektrizitätskommission (ElCom) jährlich veröffentlicht. Dabei wird zwischen unterschiedlichen Verbrauchskategorien unterschieden. Ein Beispiel einer solchen Kategorie ist «H4 4'500 kWh/Jahr: 5-Zimmerwohnung mit Elektroherd und Tumbler (ohne Elektroboiler)». Allerdings sind die Rohdaten auf der Stufe Netzbetreiber und nicht auf Ebene der Gemeinde aufgelistet. Der zuständige Stromnetzbetreiber pro Gemeinde wird in einer separaten Tabelle dargestellt. Die nachfolgende Abbildung 5 zeigt eine Schweizweite Übersicht der Kategorie H4. (ElCom, 2021)

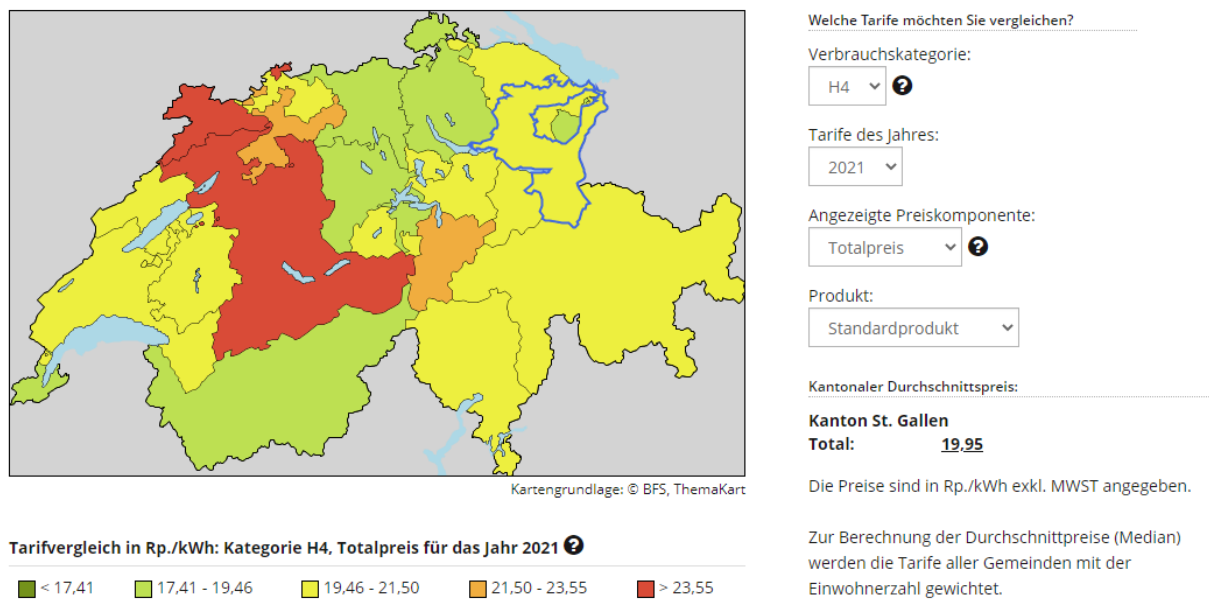


Abbildung 5: Die kantonalen Strompreise im Vergleich.

Quelle: Screenshot <https://www.strompreis.elcom.admin.ch/Map/ShowSwissMap.aspx>.

### 3.1.3 Welche Regionen haben ein Interesse für nachhaltigen Strom?

Datensätze: Elektrofahrzeuge-Ladestationen und Energiestädte (vgl. A.4 & A.5)

Der Trägerverein Energiestadt zeichnet Gemeinden aus, die sich durch ein lokales und kontinuierliches Engagement im Energie- und Klimabereich betätigen. Dazu muss eine Gemeinde mit den Energiestadt-Beratern einen Massnahmenplan erstellen und in vier Jahren mindestens 50% der definierten Massnahmen umsetzen. Der Erfüllungsgrad ist dabei auf der Webseite des Trägervereins einsehbar und beispielhaft auf der nachfolgenden Abbildung 6 dargestellt. (Energiestadt, 2021)

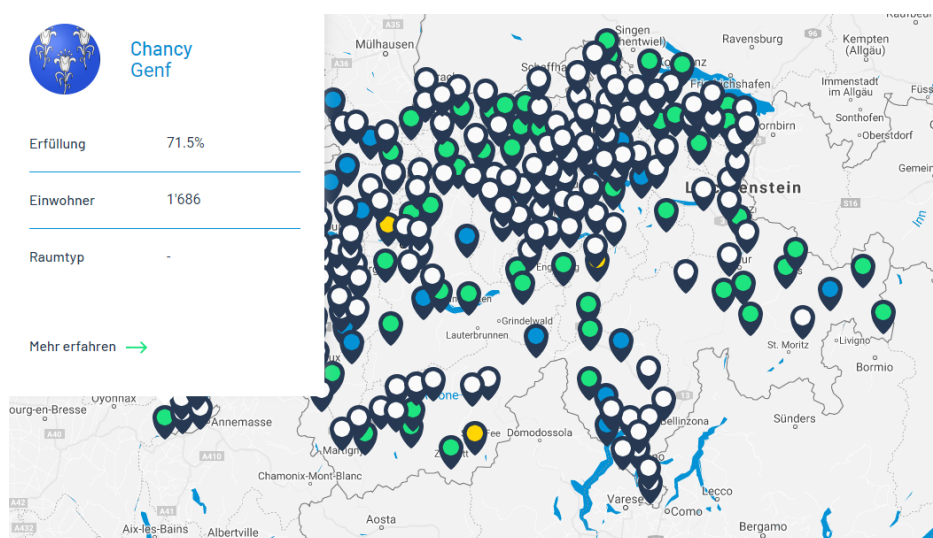


Abbildung 6: Mitglieder und Energiestädte aus der ganzen Schweiz.

Quelle: Screenshot <https://www.energiestadt.ch/>.



Möglicherweise haben Regionen mit mehr Elektrofahrzeuge Ladestationen auch mehr Interesse an nachhaltigem Strom (EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie (BFE), 2017). Das Bundesamt für Energie bietet mit der Plattform [ich-tanke-strom.ch](https://ich-tanke-strom.ch) eine Plattform, welche die öffentliche Ladeinfrastruktur von Elektrofahrzeugen in Echtzeit auswertet. Durch die nationale Daten-Infrastruktur Elektromobilität (DIEMO) sind auf [opendata](https://opendata.swiss) sämtliche Standorte der Ladestation zum Download verfügbar wie in Abbildung 7 erkennbar ist. (Bundesamt für Energie, 2021)

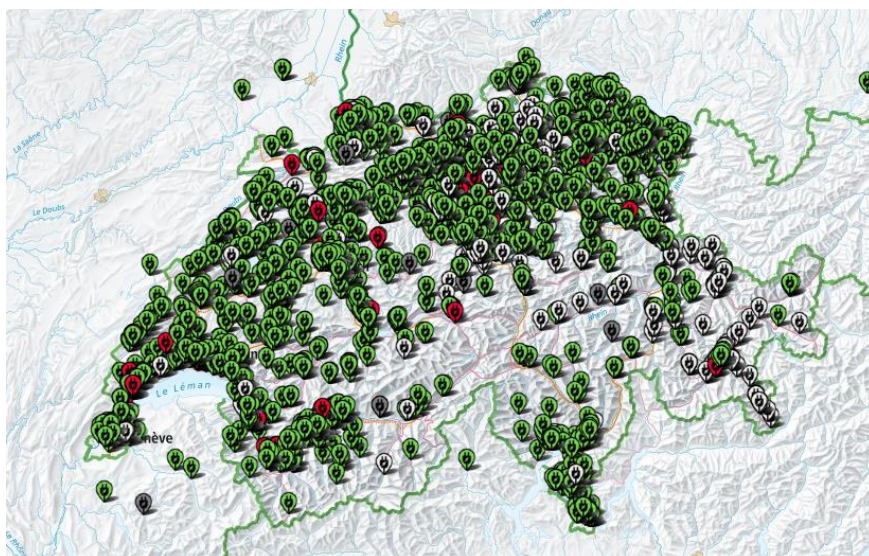


Abbildung 7: Schweizer Ladestationen für Elektroautos.  
Quelle: Screenshot [ich-tanke-strom.ch](https://ich-tanke-strom.ch).

### 3.1.4 Wo gibt es Ballungszentren von Flachdächern und welches Baujahr haben sie?

Datensatz: kein verwendbarer Datensatz kostenlos zugänglich

Gemäss der FSAG spielt das Alter des Flachdachs eine entscheidende Rolle. Besonders interessant sind entweder Neubauten, die weniger als 7-8 Jahre alt sind oder Dächer, die kürzlich saniert wurden.

Als mögliche Datenquelle wurden Schweizer Baupublikationen genauer untersucht. Die Daten sind zwar öffentlich verfügbar, doch nicht einheitlich aufbereitet. Es existieren Plattformen, die sich genau diese Aufbereitung zur Aufgabe gemacht haben. Kostenpflichtige Angebote wie [bindexis.ch](https://bindexis.ch) oder [infomanager.ch](https://infomanager.ch) würden die benötigten Daten mittels einer API anbieten. Nach heutigem Stand hat die FSAG keine solchen Zugriffen, weshalb diese Frage in der Arbeit nicht weiterverfolgt wird.



### 3.1.5 An welchen Standorten gibt es einen hohen Stromverbrauch?

Datensatz: Arbeitsstätten (vgl. A.6)

Gemäss der FSAG sind Flachdächer mit einer Fläche ab 300m<sup>2</sup> interessant. Denn üblicherweise kann davon rund die Hälfte genutzt werden. Das entspricht einem Ertrag von 30-40KwH. Entsprechend gross müssen die Gebäude sein. Es kommen also Mehrfamilienhäuser oder gewerbliche Bauten in Frage. Kleine Dächer können sich mit einer Photovoltaikanlage auch lohnen, sind jedoch für die FSAG ökonomisch zu unattraktiv.

Aufgrund der Gebäudegrösse wird ein hohes Potenzial bei Industriegebäuden vermutet. Als Datenquelle hierfür dient die Anzahl Arbeitsstätten nach Gemeinde und Wirtschaftssector vom Bundesamt für Statistik, wie in der Abbildung 8 dargestellt ist. (Bundesamt für Statistik, 2020)

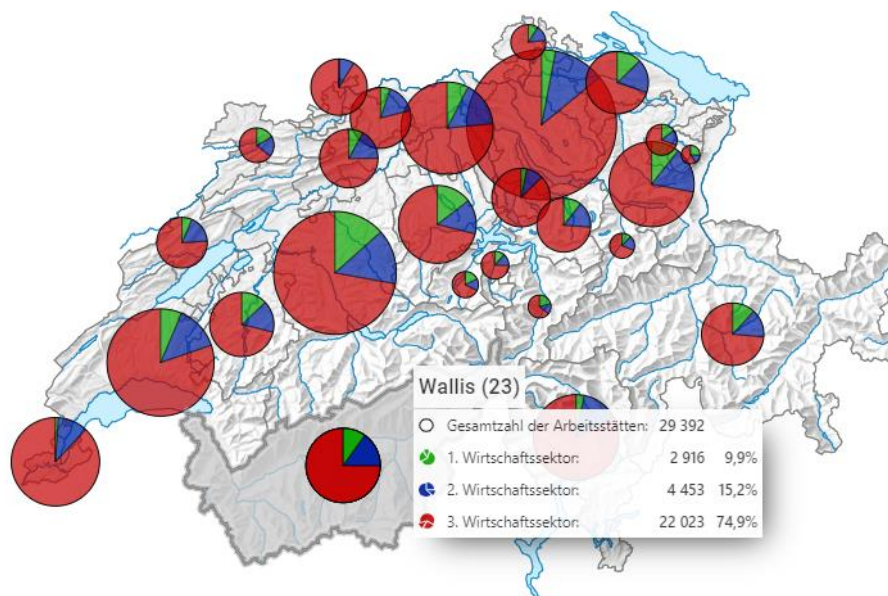


Abbildung 8: Anzahl der Arbeitsstätten nach Kantonen.

Quelle: Screenshot [https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/13/de/15447\\_9071\\_9070\\_138/24198.html](https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/13/de/15447_9071_9070_138/24198.html).

## 3.2 Datensätze

Die nachfolgend aufgelisteten Datensätze werden im Anhang A im Detail beschrieben. Anhand von einem Beispieldatensatz wird jeweils der Inhalt der Datensätze erläutert.

- A.1 Solarenergiepotenziale
- A.2 Stromtarife Einkauf
- A.3 Stromtarife Verkauf
- A.6 Arbeitsstätten
- A.4 Elektrofahrzeuge Ladestationen
- A.5 Energiestädte
- A.6 Kennzahlen Schweizer Gemeinden

Die gemeinsamen Eigenschaften der Datensätze werden in der nachstehenden Tabelle 2 erläutert.

Eigenschaft	Beschreibung
Klassifizierung	Externe Daten
Form	Strukturierte Daten
Privatsphäre	Es sind anonymisierte Daten. Die Datenschutz-Grundverordnung hat auf die Analyse keine Auswirkung.
Eigentum	Organisation, welche die Daten veröffentlicht hat.

*Tabelle 2: Gemeinsame Eigenschaften aller Datensätze.*

*Quelle: eigene Darstellung.*

Im Kapitel 4 «Datenanalyse» werden die zu verwendenden Inhalte mittels deskriptiver Statistik im Detail betrachtet. Dabei wird entschieden, welche Daten tatsächlich für die Analyse verwendet werden und wie die Daten zusammengeführt werden.

## 4 Datenanalyse

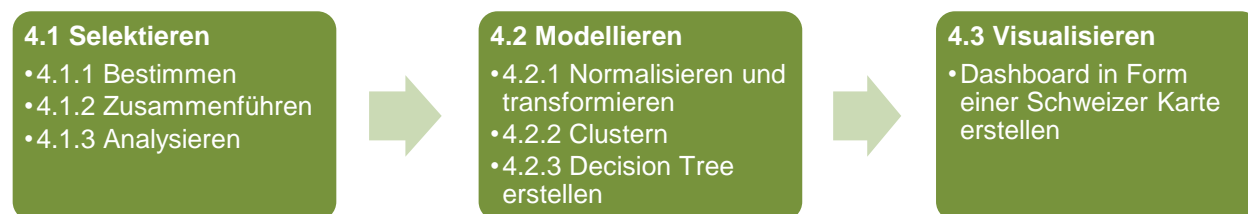


Abbildung 9: Vorgehen Datenanalyse.  
Quelle: Eigene Darstellung.

Die Datenanalyse wurde nach Abbildung 9 durchgeführt. In der Selektierung (Schritt 1) wurden die zu verwendenden Datensätze bestimmt, die anschliessend zusammengeführt und analysiert wurden. In Schritt 2 wurden die Datensätze analysiert (z. B. Min-, Max-Wert, lineare Korrelationskoeffizient usw.) und mit Hilfe von RStudio Cloud modelliert. Dies beinhaltete unter anderem, dass ein Datensatz normalisiert und transformiert, geclustert oder ein Decision Tree erstellt wurde. Im Anschluss (Schritt 3) wurden die Ergebnisse in Tableau eingefügt und in einer Schweizerkarte visualisiert.

Die abgebildeten Schritte wurden – im Sinne des inkrementellen Lernens – mehrmals mit unterschiedlichen Datensätzen durchgeführt, bis die Ergebnisse validiert werden konnten und eine valable Aussage für die FSAG darstellten. Die Kürzel der Datensätze werden im R-Skript verwendet und bei Grafiken entsprechend referenziert.

Durchgang	Datensatz	Schritte	Ergebnis
1	Schweiz (CH)	Selektieren	Validierung der Ergebnisse sollte an einem verständlichen Datensatz durchgeführt werden
2	St. Gallen (SG) Aufgrund Nähe zu Hauptsitz der FSAG und besseren Verständnis der Auswertungen, da Projektmitglieder in St. Gallen wohnhaft sind	Selektieren Modellieren	N/A müssen entfernt werden, da diese einen Störfaktor in der Analyse/Modellierung darstellen
3	St. Gallen (SG2)	Selektieren Modellieren Visualisieren	Gemeinde St. Gallen -> Ausreisser bei den Arbeitsstätten -> glätten durch Dezile
4	St. Gallen (SG3)	Selektieren Modellieren	Verständliches und sinnhaftes Ergebnis
5	Schweiz (CH3)	Selektieren Modellieren Visualisieren	Finales Ergebnis, welches an die FSAG präsentiert wird

Abbildung 10: Ergebnisse der Durchgänge in den Datenanalysen.  
Quelle: Eigene Darstellung.

In den folgenden Unterkapiteln: 4.1 Selektieren, 4.2 Modellieren und 4.3 Visualisieren werden die Resultate des jeweiligen Schrittes erläutert.

## 4.1 Selektieren

Im vorangehenden Kapitel 3 wurden die unterschiedlichen Datensammlungen inklusive Quellen beschrieben. In Abbildung 11 ist ersichtlich, welche Datensätze (in hellgrün) schlussendlich für die Auswertungen verwendet wurden. Datensätze in hellgrau wurden nicht verwendet. Die Begründung dazu folgt im Kapitel 4.1.3 Analysieren der Daten.

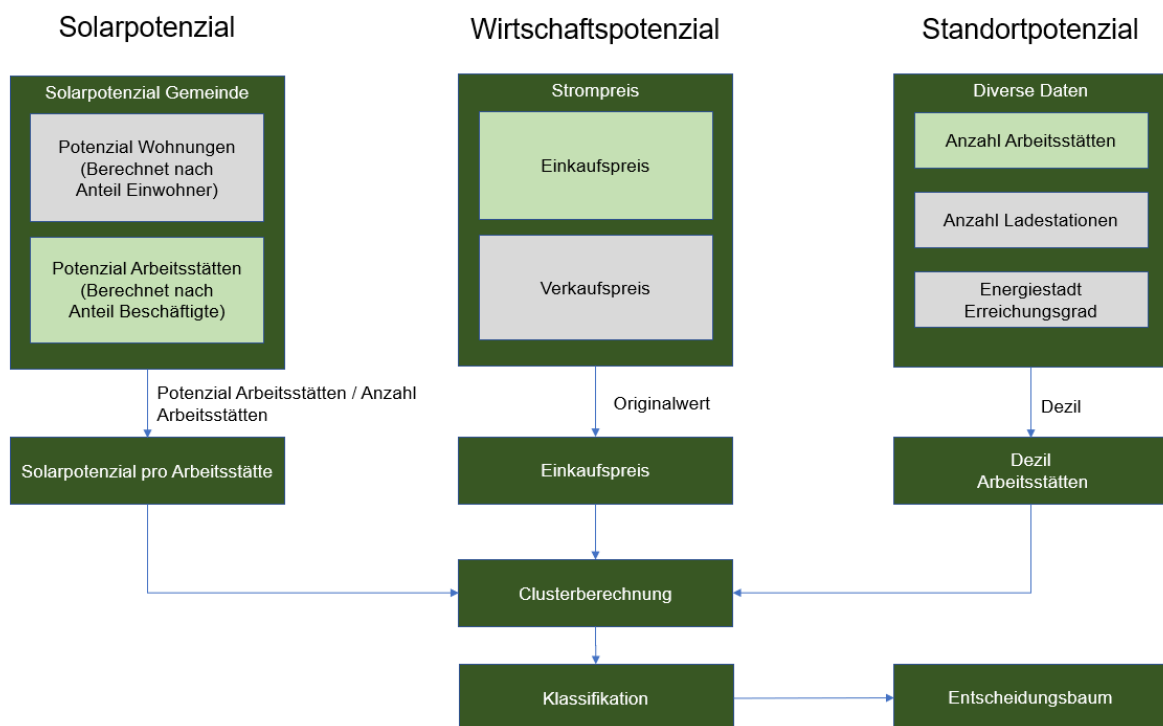


Abbildung 11: Selektion der zu verwendenden Datensätze.  
Quelle: Eigene Darstellung.

### 4.1.1 Bestimmen der Daten

Die Daten, welche für die nachfolgende Analyse verwendet werden sollen, sind bei den Datenquellen Anhang A grün markiert und in der Tabelle unter «verwendete Inhalte» zusammengefasst.

Folgende Punkte hatten auf die Bestimmung einen Einfluss:

- Allgemein:
  - Auftragsstellung, Gespräch mit FSAG, Internetrecherche
  - Festlegung Postleitzahl (PLZ): Grundsätzlich ist die PLZ nur künstlich von der Post verteilt aufgrund deren Logistiksystem. Jedoch waren die Datensätze hauptsächlich nach PLZ aufgeteilt. Die Verwendung der PLZ birgt eine gewisse Unschärfe in der Analyse, da z.B. eine PLZ aufgrund ihrer geografischen Lage von mehreren Stromkraftwerken bedient werden kann. Ein exakteres Ergebnis hätte ein Hektarraster ermöglicht, wobei Aufwand und Ertrag wahrscheinlich in keinem Verhältnis stehen würde. Die PLZ wird zusätzlich auch für die Darstellung in Tableau benötigt.
  - Festlegung Primary Key Politische Gemeindenummer: Die politische Gemeindenummer wurde als Primary Key verwendet, da sie eine einfache Zuteilung je Kanton ermöglicht<sup>3</sup>.
  - Eingrenzung Daten: Je mehr die obenstehenden Schritte durchgeführt wurden, desto mehr Datenquellen wurden aussortiert aufgrund N/A oder fehlender Aussagekraft.
- Wirtschaftspotenzial (Auswahl Tarif in Gruppe getroffen):
  - Die Auswahl, der für die Analyse zu verwendenden Daten, wurde wegen vielen Kategorien z.B. Vergütungstarif für Einspeisung von Strom erschwert. Es gibt ca. 418 Kombinationen mit unterschiedlichen Leistungsklassen (Unterteilt nach Privathaushalten/Firmen und deren Grösse), Hoch-/Niedertarif, Wintertarif, Eigenverbraucher usw.
- Solarpotenzial Dachflächen (nicht berücksichtigt):
  - Das Solarpotenzial der Dachflächen aus der 1.53GB Geodatenbank herauszulesen, war nach mehreren Versuchen nicht möglich. Nur schon bei der Darstellung QGIS als Browser stiessen die Rechenleistungen der verwendeten Computer an ihre Grenzen. Zudem sind Koordinaten und keine PLZ vorhanden, was einen einfachen Export verhindert hat.

---

<sup>3</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Gemeindenummer>

### 4.1.2 Zusammenführen der Daten

Die Daten wurden in Excel zu einer Masterliste aufbereitet. Das bedeutet, dass alle Datenquellen in ein Blatt zusammengefügt wurden. Somit mussten die Daten mit unterschiedlichen Methoden von den Ausgangsformaten (JSON und CSV) in Excel transformiert werden. Teilweise mussten Daten mit Hilfe von Excels SVERWEIS-Funktion, Pivot-Tabellen oder INDEX-Funktion zusammengefügt werden (siehe auch Anhang B.1 für mehr Detailinformation). Im Anhang B.2 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ist ersichtlich, wie die Elektroladestationen (JSON) pro Gemeinde in RStudio Cloud berechnet wurden.

Die finale Masterliste wurde anschliessend für die Analysen in RStudio Cloud geladen.

### 4.1.3 Analysieren der Daten

In Tabelle 3 wird das «Five Number Summary» zu jedem Datensatz ausgewiesen. Zusätzlich ersichtlich ist die Einheit (z.B. Nummer, m<sup>2</sup>, Anzahl), die Anzahl verfügbarer Datensätze innerhalb der Variable (N) und die Standardabweichung (Std. Dev.).

Variable	Einheit	N	Mean	Std. Dev.	Min	Pctl. 25	Pctl. 75	Max
NR	Nummer	2612	3391.936	2116.963	1	1144.5	5435.25	6810
PLZ	Nummer	2612	4651.744	2601.368	1000	2034.75	6815.25	9658
SOLARPO- TENZIAL	GWh/Jahr	2166	22.975	34.85	0.4	7.195	44343	865.54
EINWOH- NER	Anzahl	2166	3964.407	12891.792	32	721	3833	420217
FLÄCHE	Quadrat- meter	1527	31371.346	12127.65	1	20926	44268	47453
BESCHÄF- TIGTE	Anzahl	2070	2502.289	14046.208	11	215	1620	491193
ARBEITS- STÄTTEN	Anzahl	1870	346.907	1413.512	9	69	287.75	45057
LADESTATI- ONEN	Anzahl	2612	2.748	7.645	0	0	2	106
VERKAUFS- PREIS	Rp/kWh	2612	8.458	1.402	0	46204	25082	24381
EINKAUFS- PREIS	Rp/kWh	2517	18.998	2.474	9.924	17.161	20.961	44434
ENERGIE- STADT	Errei- chungs- grad in %	2612	10.992	24.687	0	0	0	87
KANTONNR	Nummer	2612	14.032	8.398	1	3	22	26

Tabelle 3: Gesamtübersicht der Daten.

Quelle: eigene Darstellung, Daten aus jeweiligen Datenquellen.

#### 4.1.4 Plots und deren Analyse

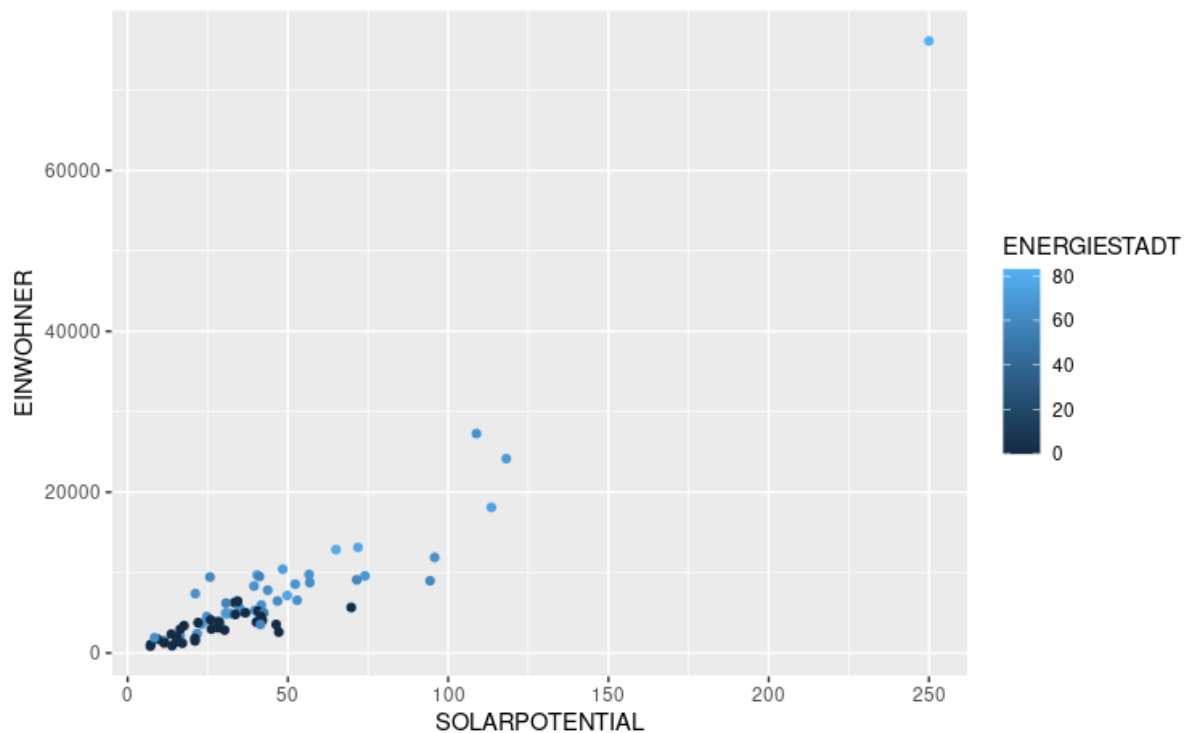


Abbildung 12: Einwohner / Solarpotenzial / Energiestadt.  
Quelle: eigene Darstellung mit RStudio anhand vom Datensatz SG.

Abbildung 12 zeigt die Gegenüberstellung von der Variable *Einwohner* und *Solarpotenzial* im Kanton St. Gallen je Gemeinde. Zusätzlich wurden die Gemeinden entsprechend ihres Erreichungsgrades *Energiestadt* eingefärbt. Es handelt sich um eine spannende Grafik, die aber mit Vorsicht zu geniessen ist. Gemeinden, die keine Zertifizierung haben wurden dunkel eingefärbt sprich 0% Erreichungsgrad. Das heisst aber nicht, dass diese Gemeinden nichts bezüglich nachhaltiger Energie unternehmen. Somit kann eine dunkel eingefärbte Gemeinde bei der Zertifizierung plötzlich besser dastehen als aktuell in der Grafik ersichtlich. Eine Aussage, die sich aufgrund dieser Grafik treffen lässt: Je mehr Einwohner und je mehr Solarpotenzial eine Gemeinde hat, desto eher verfügt diese Gemeinde über eine Zertifizierung mit einem erhöhten Erreichungsgrad zur *Energiestadt*. Eine mögliche Schlussfolgerung ist deshalb, dass finanz- und ressourcenstarke Gemeinden sich dieses Label *Energiestadt* leisten können.

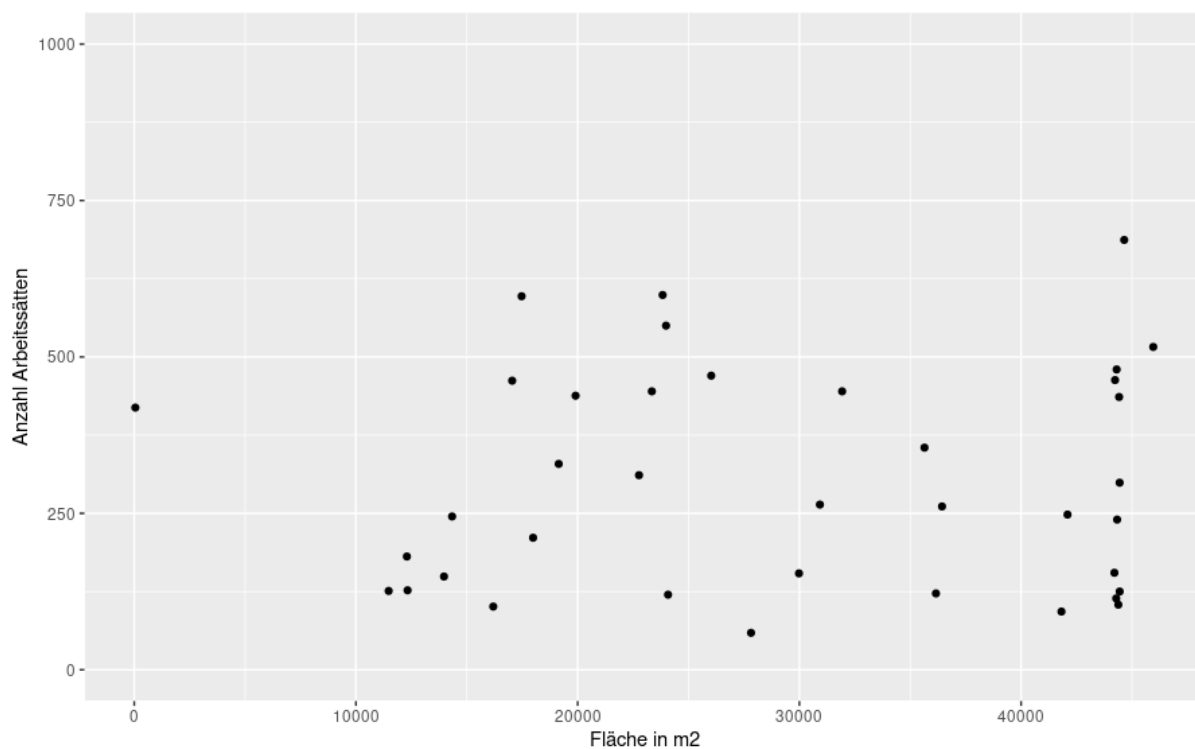


Abbildung 13: Anzahl Arbeitsstätten / Fläche m2.

Quelle: eigene Darstellung mit RStudio anhand vom Datensatz SG.

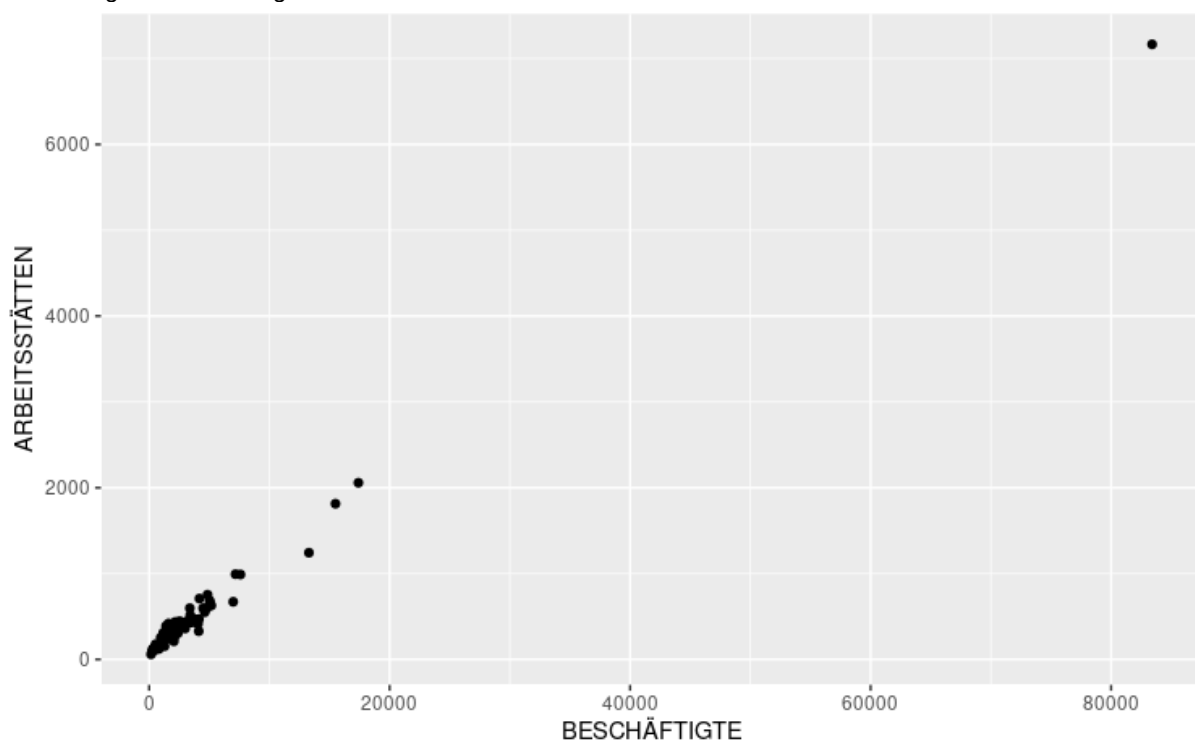


Abbildung 14: Arbeitsstätten / Beschäftigte.

Quelle: eigene Darstellung mit RStudio anhand vom Datensatz SG.

Beide Abbildungen 13 und 14 zeigen Gemeinden im Kanton St. Gallen. Aus Abbildung 13 kann gelesen werden, dass die Fläche einer Gemeinde keinen Einfluss auf die Anzahl Arbeitsstätten hat. Es besteht kein linearer statistischer Zusammenhang. Es entsteht ein Pearson correlation coefficient (nachfolgend  $r$ ) von  $r = 0.03$  (vgl. Datensatz CH  $r = 0.05$ ). Eine grosse Gemeinde



(*Fläche*) hat deshalb nicht zwingend mehr *Arbeitsstätten*. Abbildung 14 hingegen zeigt, dass ein beinahe vollständig positiver Zusammenhang zwischen *Arbeitsstätten* und *Beschäftigte* besteht  $r = 0.99$  (Datensatz CH erreicht den gleichen Wert). Diese zwei Aussagen zu den beiden Abbildungen lassen sich auch ohne Darstellung und Berechnung ableiten. Nichtsdestotrotz ist eine entsprechende statistische Bestätigung hilfreich. Somit liefert die Anzahl *Arbeitsstätten* eine bessere Aussagekraft in Bezug auf mögliche Dachflächen, als die *Fläche* der Gemeinde.

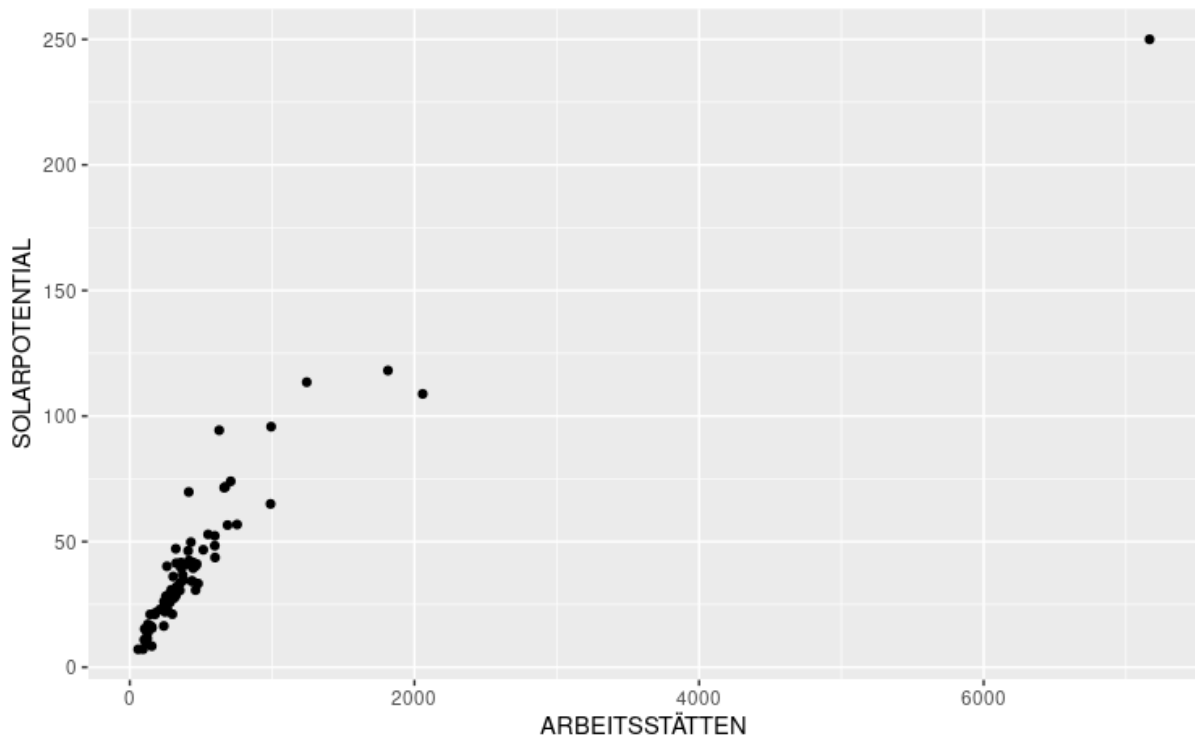


Abbildung 15: Solarpotenzial / Arbeitsstätten.  
Quelle: eigene Darstellung mit RStudio anhand vom Datensatz SG.

Für die Variablen *Solarpotenzial* und *Arbeitsstätten* ist ein starker positiver Zusammenhang erkennbar ( $r = 0.9$ ). Sprich je mehr Arbeitsstätten eine Gemeinde hat, desto höher ist das Solarpotenzial und umgekehrt. Eine mögliche Schlussfolgerung ist deshalb: Viele Arbeitsstätten bedeutet viel Dachfläche und sorgt für ein entsprechend hohes Solarpotenzial. Wichtig anzumerken ist, dass dies nicht bedeutet, dass sich diese Gemeinden an einem sonnigen Ort befinden.

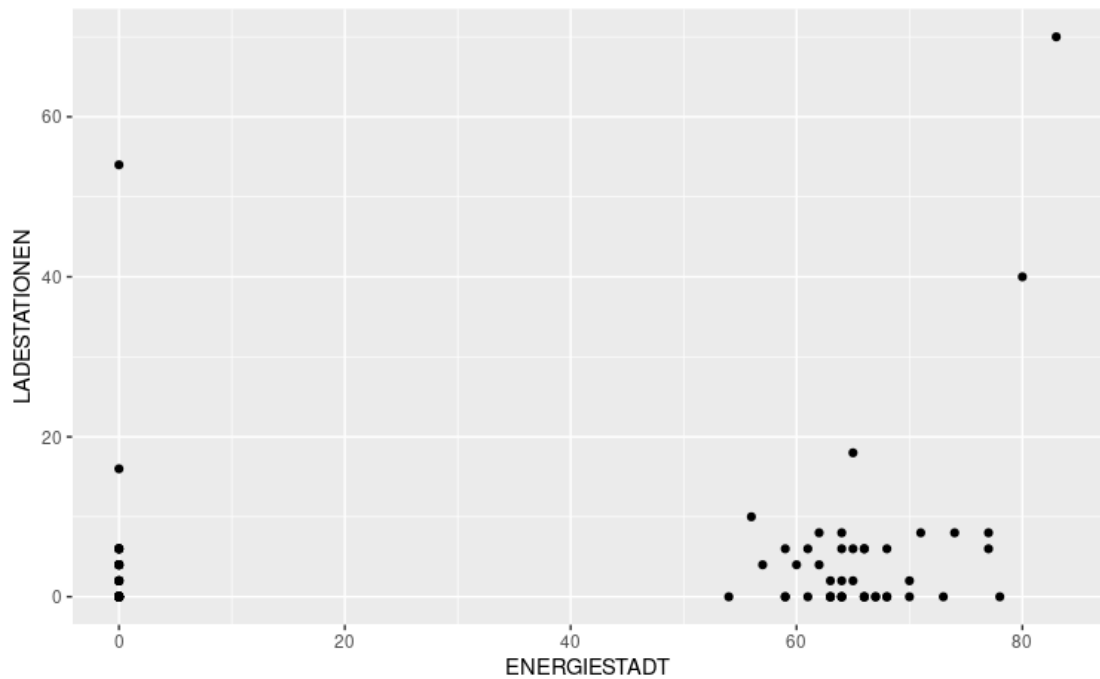


Abbildung 16: Ladestationen / Energiestadt.

Quelle: eigene Darstellung mit RStudio anhand vom Datensatz SG.

Es besteht im Kanton St. Gallen kein Zusammenhang zwischen der Variable *Ladestationen* und *Energiestadt*  $r = 0.19$  (vgl. Datensatz CH besteht ein mässiger positiver Zusammenhang  $r = 0.3$ ). Deshalb ist die Hypothese nicht zielführend, dass die Gemeinden mit einer hohen Anzahl an Elektroladestationen und dem Energiestadtlabel eher an nachhaltigem Strom interessiert sind. Zudem ist das N zu *Ladestationen* und *Energiestadt* nicht so gross, wie dies bei den anderen Variablen der Fall ist, sprich es fehlt eine entsprechende Aussagekraft.

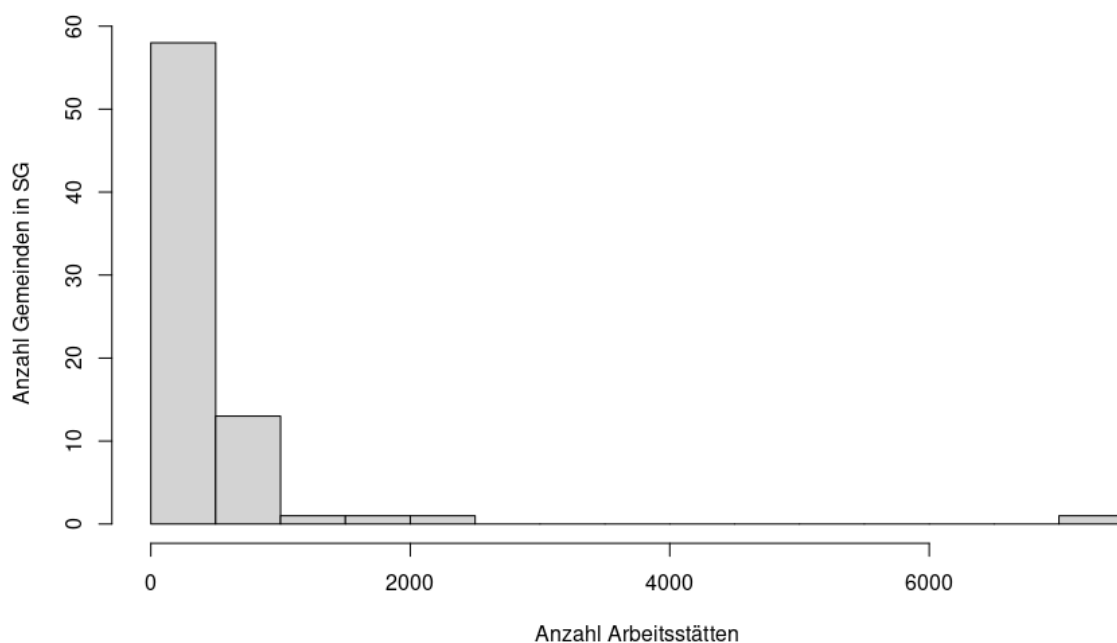


Abbildung 17: Histogramm: Anzahl Gemeinden in SG / Anzahl Arbeitsstätten.

Quelle: eigene Darstellung mit RStudio anhand vom Datensatz SG.

Das Histogramm (Abbildung 25) zeigt, wie die Arbeitsstätten im Kanton St. Gallen je Gemeinde verteilt sind. Es lässt sich eine starke Linksverteilung feststellen. Es gibt einen Ausreisser, die Gemeinde St. Gallen (vgl. Abbildung 12), welche ganz rechts dargestellt wird. Schweizweit gibt es noch mehrere Ausreisser-Gemeinden: Zürich, Genf usw. Die Ausreisser-Gemeinden erschweren die Clusteranalyse. Die Ausreisser werden jedoch nicht ausgeschlossen, da diese ebenfalls potenzielle Gemeinden für die FSAG sein können. Aus diesem Grund wurde in einem späteren Zyklus eine Korrektur durch Dezile vorgenommen (Details dazu im Kapitel 4.2.1).

## 4.2 Modellieren

### 4.2.1 Normalisieren und transformieren

#### Berechnung / Herleitung Solarpotenzial

Besonders interessant für die FSAG ist, wie viel Potenzial die einzelnen Gebäude haben (nicht das Total der Gemeinde). Nach Rücksprache mit der FSAG sind Einfamilienhäuser und kleinere Mehrfamilienhäuser nicht interessant, da dort die Dachflächen zu klein sind, um den Deckungsbeitrag zu erreichen. Aus diesen Gründen wurde das Potenzial auf einzelne Arbeitsstätten heruntergebrochen und nicht auf die Privathaushalte.

- Für die Berechnung des Solarpotenzials pro Arbeitsstätte dürfen keine leeren Felder vorhanden sein. Deshalb wurden Gemeinden, die keine Angaben in folgenden Spalten haben aussortiert:
  - Solarpotenzial
  - Einwohner
  - Beschäftigte
  - Arbeitsstätten
- Für die Clusterberechnung dürfen auch keine leeren Felder vorhanden sein. Deshalb werden auch Gemeinden ohne Einkaufspreis aussortiert.
- Nach der Bereinigung wurden schweizweit noch 1'805 von 2'612 Gemeinden ausgewertet.

*Solarpotential Beschäftigte*

$$= \frac{\text{Anz. Beschäftigte}}{\text{Anzl. Beschäftigte} + \text{Anzl. Einwohner}} \times \text{Solarpotential Gemeinde}$$

- Wird in der Spalte SOLPOTBESCH gespeichert.

$$\text{Solarpotential pro Arbeitsstätte} = \frac{\text{Solarpotenzial Beschäftigte}}{\text{Anzahl Arbeitsstätten}}.$$

- Wird in der Spalte SOLPOTARB gespeichert

### Berechnung / Herleitung Wirtschaftspotenzial

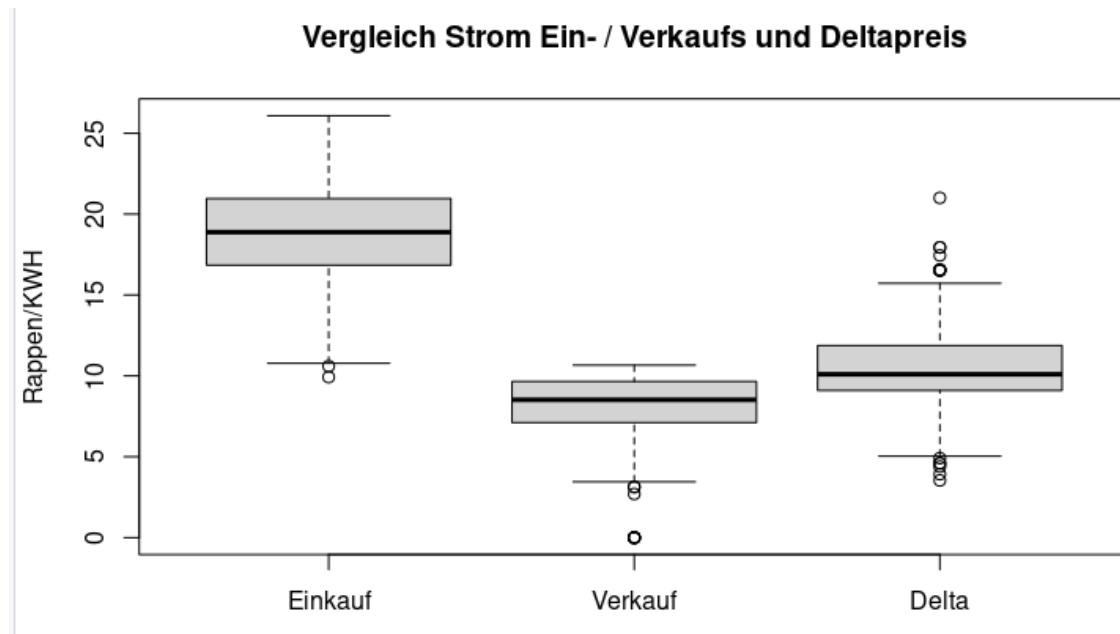


Abbildung 18: Boxplot-Darstellung Einkauf / Verkauf / Delta.  
Quelle: eigene Darstellung mit RStudio anhand vom Datensatz SG.

Für die FSAG ist der Einkaufspreis der entscheidende Richtwert. Denn der Einkaufspreis entspricht dem Preis, der die Unternehmen für ihren Strom bezahlen, wenn dieser von einem Stromkraftwerk bezogen wird. Das bedeutet, dass die FSAG beim Weiterverkauf des eigenen produzierten Stroms bis hin zum Einkaufspreis gehen kann und preislich attraktiver als das Stromkraftwerk ist. Der Verkaufspreis – wenn der überproduzierte Solarstrom ans Stromkraftwerk zurückgespeist wird – liegt einiges tiefer und reicht nicht, um die Photovoltaikanlagen wirtschaftlich betreiben zu können. Das Delta ist insofern interessant, wenn ein hoher Einkaufspreis auch einen hohen Verkaufspreis hat. Es besteht ein starker positiver linearer Zusammenhang im Datensatz CH ( $r = 0.83$ ). Somit haben hohe Einkaufspreise tendenziell auch hohe Verkaufspreise und umgekehrt. Da die FSAG den Deckungsbeitrag mit dem Einkaufspreis berechnet, wurde das Wirtschaftspotenzial schlussendlich nach dem **Einkaufspreis** definiert.

$$\text{Wirtschaftspotenzial} = \text{Einkaufspreis}$$

## Berechnung / Herleitung Standortpotenzial

Wie im Kapitel 4.1.3 beschrieben worden ist, wurde kein Zusammenhang zwischen *Ladestationen* und *Energiestadt* festgestellt. Deshalb wurde die Idee verworfen, die Standorte nach ihrem Interesse an nachhaltigem Strom zu bewerten. Deshalb ist auch die Herleitung des Standortpotenzials einfach erklärt.

$$\text{Standortpotenzial} = \text{Anzahl Arbeitsstätten}$$

Es wurde jedoch noch eine «Harmonisierung» der Linksverteilung und Ausreisser vorgenommen.



Abbildung 19: Cluster Solarpotenzial / Wirtschaftspotenzial / Standortpotenzial.  
Quelle: eigene Darstellung mit RStudio anhand vom Datensatz SG2.

Die Dimensionen in Abbildung 27 setzen sich aus den drei beschriebenen Potenzialen (Solarpotenzial, Wirtschaftspotenzial und Standortpotenzial) zusammen. Wie sichtbar wird, werden Ausreisser (auch hier die Gemeinde St. Gallen) als einzelne Gruppen im Clustering dargestellt. Die Ausreisser werden nicht ausgeschlossen, da diese ebenfalls Potenzial für die FSAG bieten können. Aus diesem Grund wurde an dieser Stelle eine Korrektur durch Dezile vorgenommen. Wir nehmen bewusst eine Unschärfe in Kauf, damit das Clustering nicht verzogen wird durch Ausreisser (siehe folgende Abbildung 28 vgl. Abbildung 17). Schweizweit geht beispielsweise nun das erste Dezil von 9 bis 41 Arbeitsstätten und das letzte Dezil von 637 bis 45057 Arbeitsstätten.

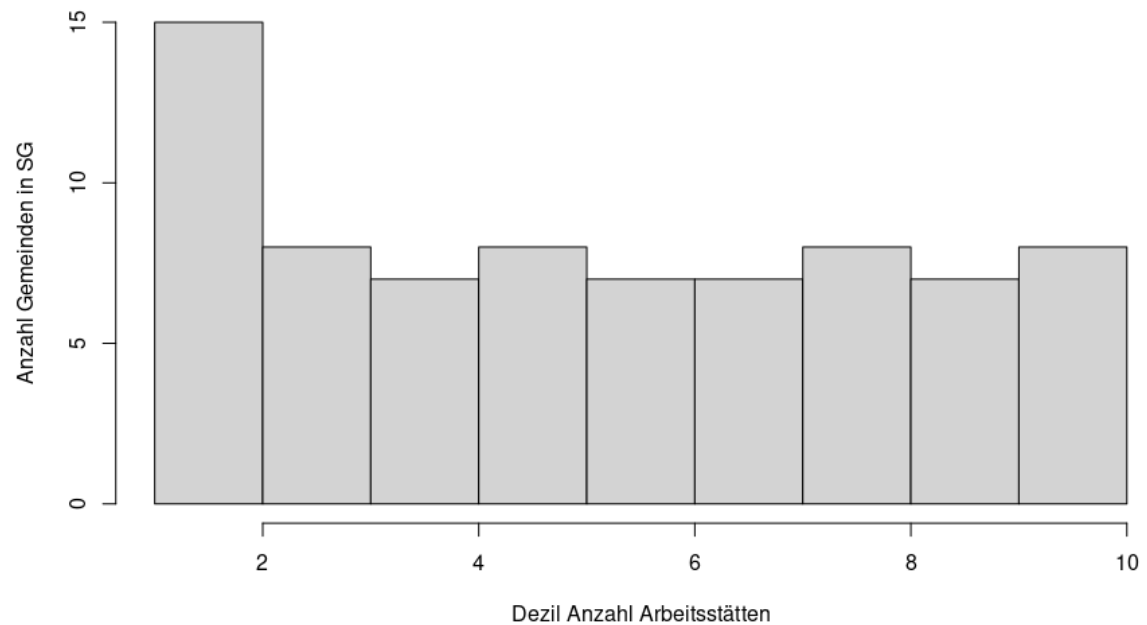


Abbildung 20: Histogramm: Anzahl Gemeinden in SG / Anzahl Arbeitsstätten nach Dezilen.  
Quelle: eigene Darstellung mit RStudio anhand vom Datensatz SG3.

#### 4.2.2 Cluster

Wie in der Abbildung 11 beschrieben, wird der Cluster aus dem Standort-, Wirtschafts- sowie Solarpotenzial gebildet. In einem ersten Schritt wurde mittels der Elbow Methode die optimale Anzahl der Cluster berechnet. Wie in der nachfolgenden Abbildung sichtbar, liegt die wahrscheinlich optimale Anzahl der Cluster gesamtschweizerisch bei fünf. In einem früheren Durchgang nur mit dem Kanton St. Gallen lag der optimale Wert noch bei vier. Allenfalls lässt sich daraus schliessen, dass sich Gemeinden innerhalb eines Kantons ähnlicher sind als Gemeinden die gesamtschweizerisch verglichen werden.

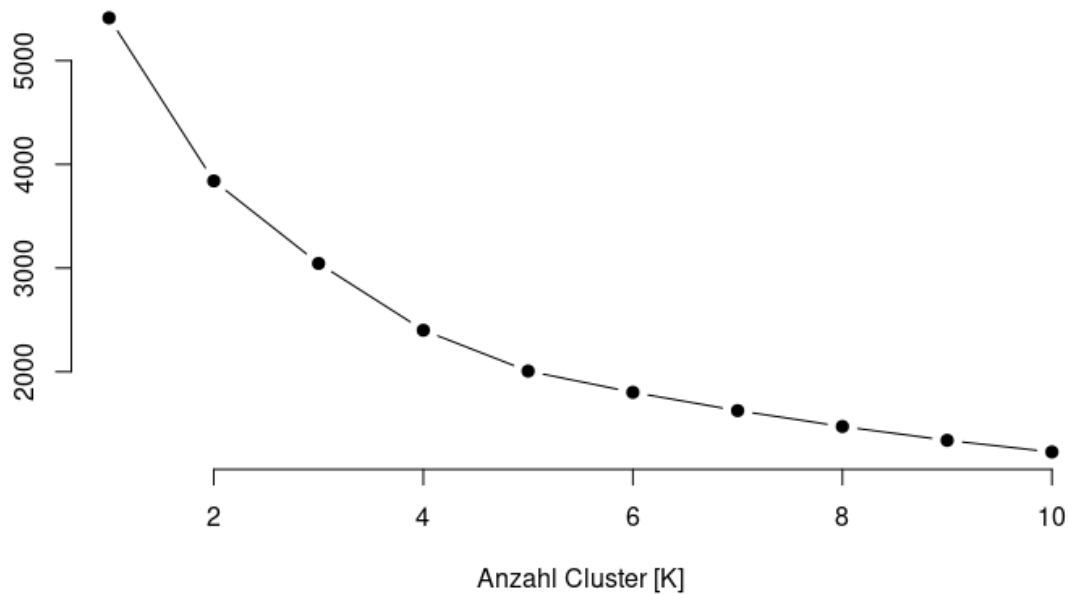


Abbildung 21: Berechnung der Anzahl Cluster mittels ELBOW Methode.  
Quelle: eigene Darstellung mit RStudio anhand vom Datensatz CH3.

Für die Wahl des partitionierenden Clusterings wurde zwischen k-Means Clustering und k-Medoids Clustering entschieden. Es wurde beschlossen mit dem k-Medoids Clustering zu arbeiten, weil dadurch eine Gemeinde als Medoid bestimmt wird. Dadurch kann der FSAG einfacher erklärt werden, an welcher Basisgemeinde sich die jeweiligen Cluster orientieren. Entsprechend wurde Density-Based oder hierarchisches Clustering nicht in Betracht gezogen. Das Clustering ist in der nachfolgenden Grafik abgebildet (Abbildung 22) und wird in den nächsten Schritten im Detail analysiert.

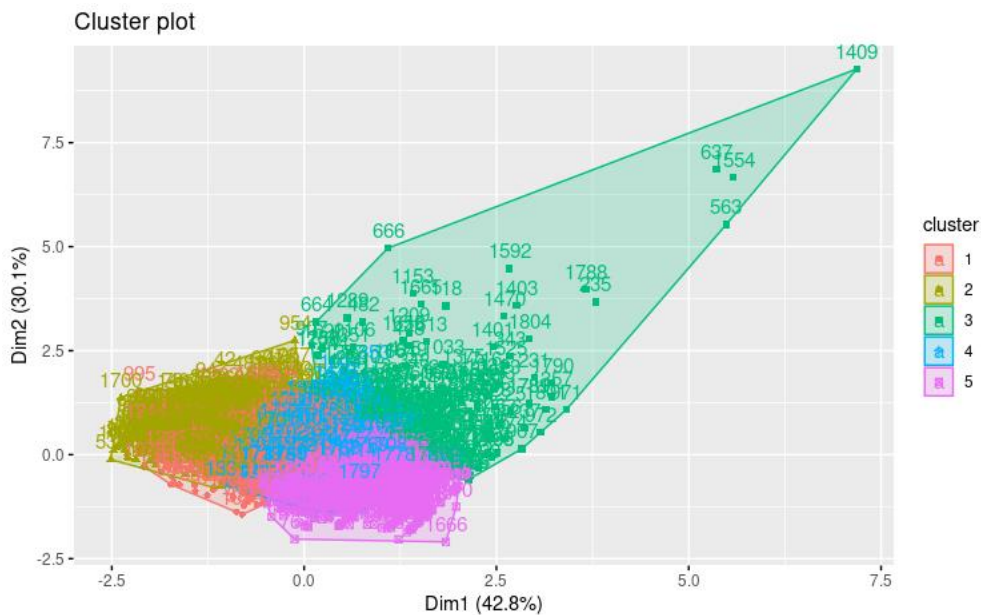


Abbildung 22: kMedoids Cluster mit 5 Medoiden.  
Quelle: eigene Darstellung mit RStudio anhand vom Datensatz CH3.

Da im zweidimensionalen Cluster Plot die drei Potenziale nicht ersichtlich sind, werden in der nächsten **Abbildung 23** die Cluster dreidimensional dargestellt.

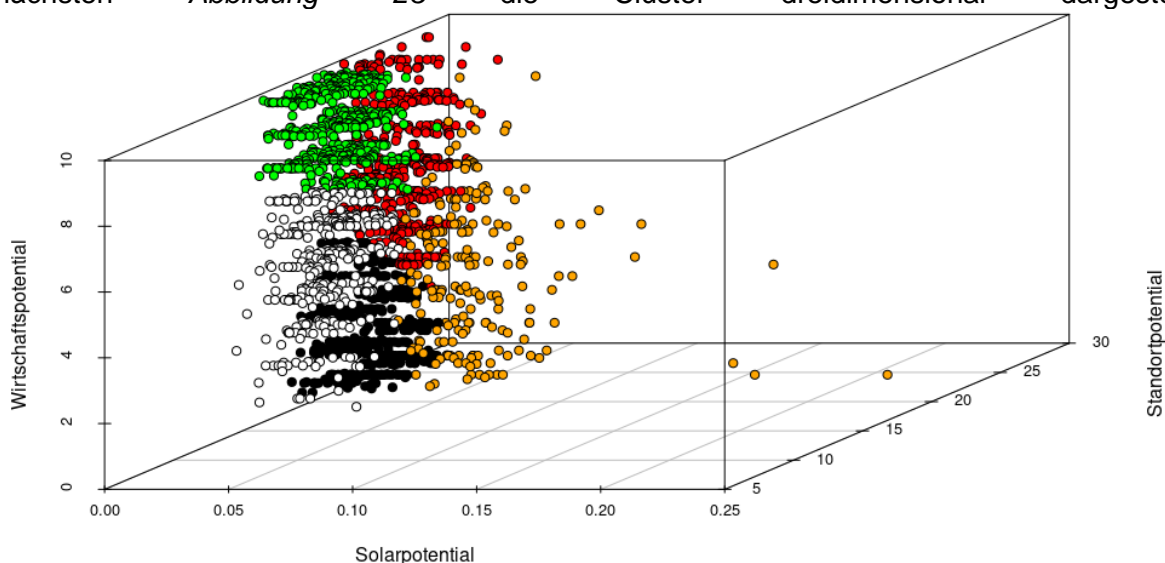


Abbildung 23: 3D-Darstellung Clusters.  
Legende: Gruppe 1 = Weiss, Gruppe 2 = rot, Gruppe 3 = orange, Gruppe 4 = grün Gruppe 5 = schwarz.  
Quelle: eigene Darstellung mit RStudio anhand vom Datensatz CH3.

Das Clustering bildet die Grundlage, damit die FSAG interessante Gemeinden für die Installation von Photovoltaikanlagen ausfindig machen kann. Da es rein anhand der dreidimensionalen Darstellung schwierig ist abzuleiten, welche Cluster interessant sind, werden nachfolgend die einzelnen Cluster untersucht. Dabei wird mittels Boxplots für jedes der drei Potenziale festgestellt in welchem Bereich die Cluster liegen. Anschliessend wird daraus eine Schlussfolgerung gezogen, welche Cluster aus welchen Gründen interessant sind.



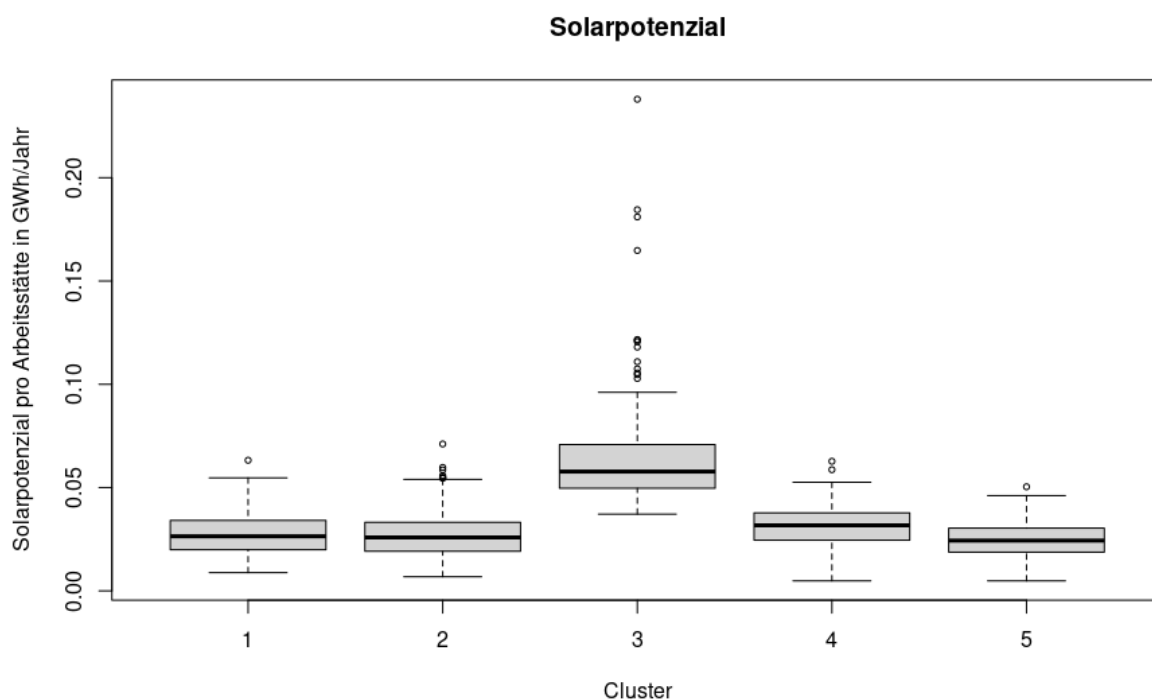


Abbildung 24: Solarpotenzial pro Cluster dargestellt in Boxplots.  
Quelle: eigene Darstellung mit RStudio anhand vom Datensatz CH3.

Cluster 3 hat im Vergleich zu den anderen Clustern ein höheres Solarpotenzial pro Arbeitsstätte. Cluster 2 hat im Vergleich zu den anderen Clustern mehr Arbeitsstätten.

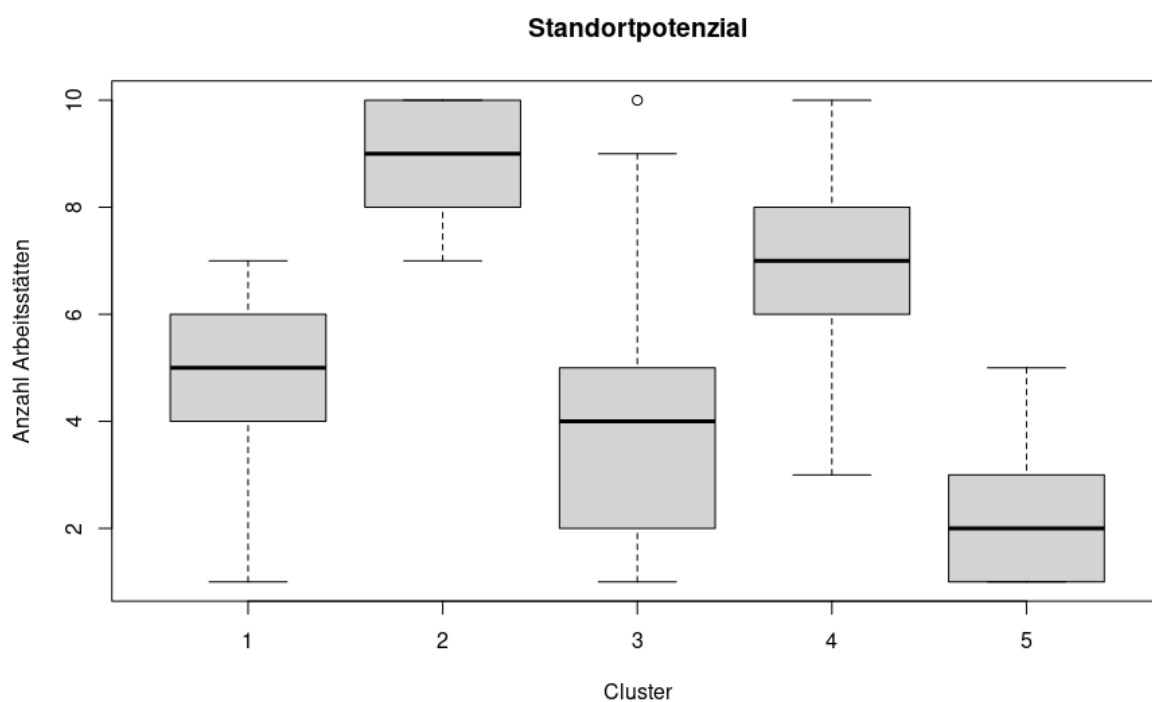


Abbildung 25: Standortpotenzial pro Cluster dargestellt in Boxplots.  
Quelle: eigene Darstellung mit RStudio anhand vom Datensatz CH3.

Cluster 1 und 2 haben im Vergleich zu den anderen Clustern einen eher tieferen Einkaufspreis von Strom.

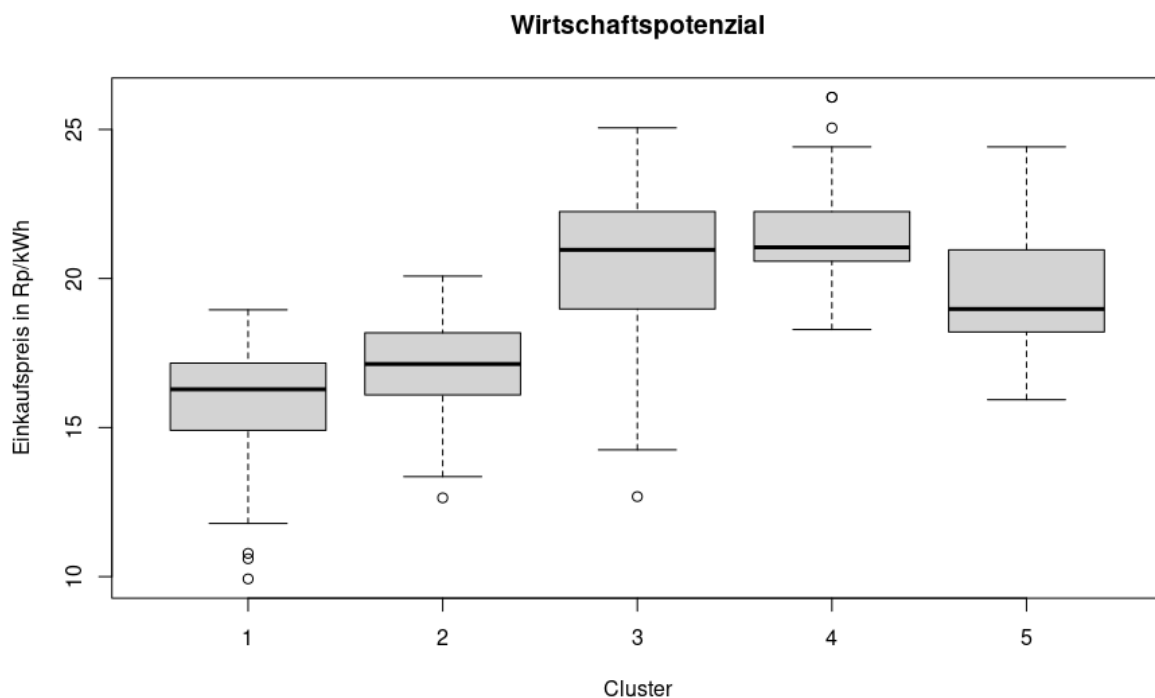


Abbildung 26: Wirtschaftspotenzial pro Cluster dargestellt in Boxplots.  
Quelle: eigene Darstellung mit RStudio anhand vom Datensatz CH3.

Anhand der dargestellten Boxplots kann eine Empfehlung für einzelne Cluster abgegeben werden. Die detaillierte Herleitung wird im Anhang C beschrieben. Als Fazit lässt sich daraus ziehen, dass besonders Gemeinden aus dem Cluster 3 für die Installation von Photovoltaikanlagen durch FSAG empfohlen sind. Gemeinden aus Cluster 2 wären eine mögliche Alternative aufgrund des hohen Standortpotenzials. Gemeinden aus Cluster 4 wären eine mögliche Alternative aufgrund des hohen Wirtschaftspotenzials.

Wie zu Beginn dieses Kapitels beschrieben, bilden die Cluster die Grundlage für die vom Entscheidungsbaum benötigten Label. Dazu mehr im folgenden Kapitel.

### 4.2.3 Decision Tree

Der Entscheidungsbaum soll der FSAG einerseits ein besseres Verständnis für die gebildeten Cluster geben. Andererseits soll es dabei helfen Gemeinden, bei denen die Daten bisher nicht veröffentlicht waren, einem Cluster zuzuteilen. Für die Bildung des Entscheidungsbaums wurden die Label anhand der im Kapitel 4.2.2 generierten Cluster bestimmt. Die Schweizer Gemeinden wurden dabei in 70% Trainingsdaten und 30% Testdaten unterteilt. Mittels einer Konfusionsmatrix wurde die Prognose überprüft. Für eine bessere Übersicht wurde die maximale Tiefe auf zwei (vgl. Abbildung 27), respektive drei (vgl. Abbildung 28) festgelegt.

Mit einer maximalen Tiefe von zwei lässt sich die Verteilung der einzelnen Cluster ableiten. Allerdings ist nicht klar ersichtlich, wie sich der empfohlene Cluster 3 herleiten lässt. Denn im Node 4 befinden sich mit 628 Gemeinden ein Grossteil der Trainingsdaten. Ausserdem wird das Solarpotenzial nicht für die Zuteilung benötigt.

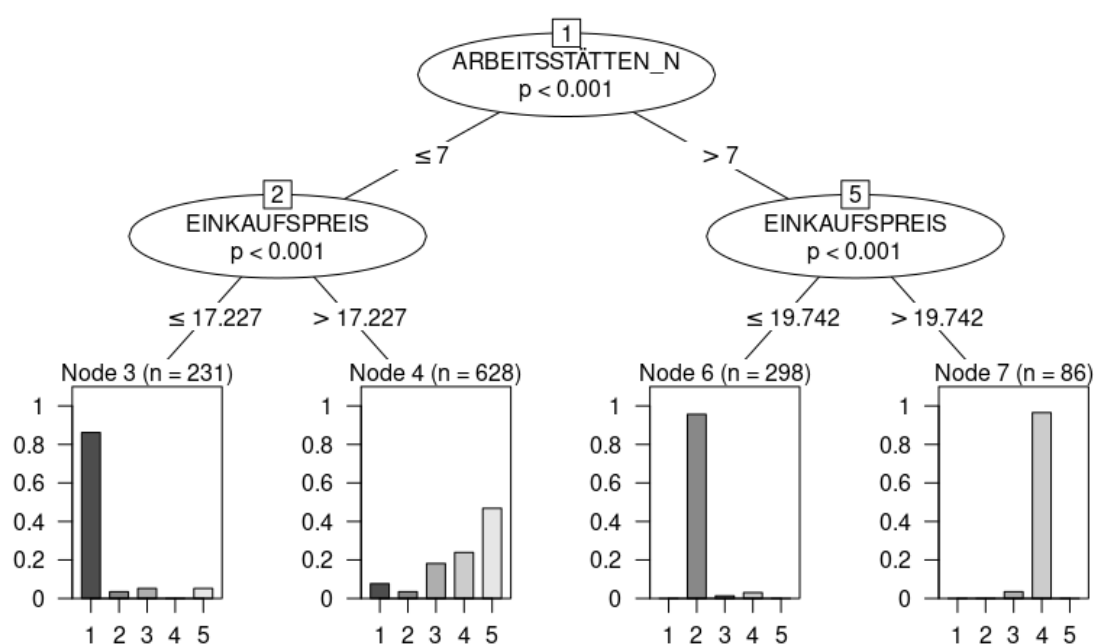


Abbildung 27: Entscheidungsbaum der Tiefe zwei.  
Quelle: eigene Darstellung mit RStudio anhand vom Datensatz CH3.

Der Entscheidungsbaum erreicht dabei nur eine Genauigkeit von 64%. Gerade im Cluster 5 gibt es viele Falschzuteilungen zum Cluster 4, wie die nachfolgende Konfusionsmatrix (Tabelle 4) zeigt.

	1	2	3	4	5
1	82	1	7	0	6
2	0	115	1	3	0
3	0	0	0	0	0
4	0	1	3	35	0
5	26	8	57	85	132

Tabelle 4: Konfusionsmatrix der Tiefe zwei.

Quelle: eigene Darstellung mit RStudio anhand vom Datensatz CH3.

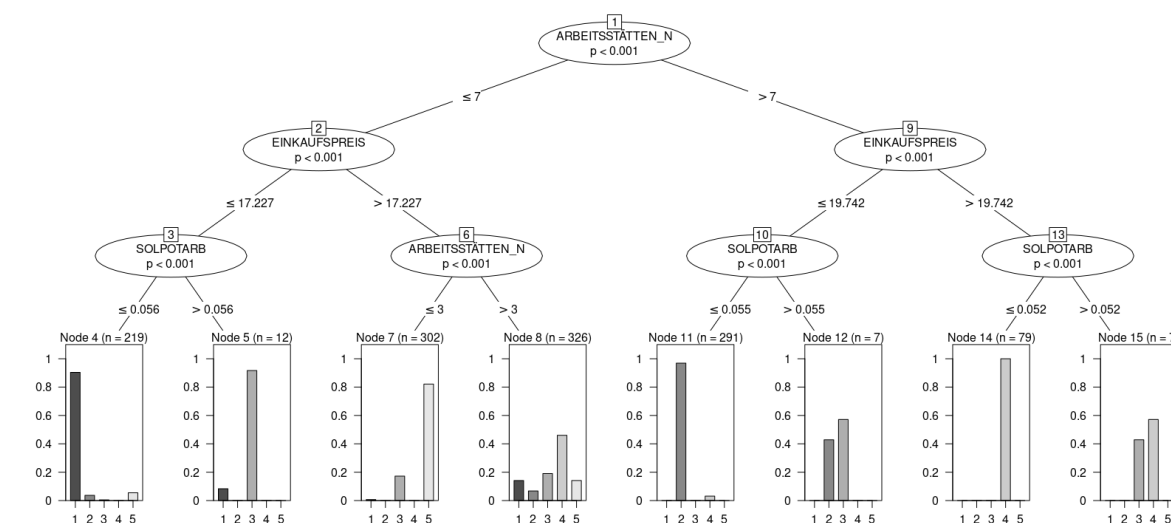


Abbildung 28: Entscheidungsbaum der Tiefe drei.

Quelle: eigene Darstellung mit RStudio anhand vom Datensatz CH3.

Auch beim Entscheidungsbaum mit der Tiefe drei lässt sich feststellen, dass der empfohlene Cluster drei auf mehrere Nodes verteilt ist. Somit lässt sich mit dem Entscheidungsbaum nur bedingt voraussagen, zu welchem Datensatz eine Gemeinde gehört. Mit der Tiefe drei erreicht der Entscheidungsbaum immerhin eine Genauigkeit von 78%. Gerade im Cluster 4 gibt es viele Falschzuteilungen, wie in der nachfolgenden Konfusionsmatrix (Tabelle 5) ersichtlich.

	1	2	3	4	5
1	82	1	0	0	6
2	0	113	0	3	0
3	0	2	8	0	0
4	26	9	28	119	13
5	0	0	32	1	119

Tabelle 5: Konfusionsmatrix der Tiefe drei.

Quelle: eigene Darstellung mit RStudio anhand vom Datensatz CH3.

### 4.3 Visualisieren

Zur Visualisierung der Cluster wurde das Dashboard von Tableau verwendet. In der folgenden Abbildung 29 sind die Cluster dargestellt. Dabei zeigen die dunklen Cluster (Cluster 3), die vielversprechendsten Gemeinden auf und beantworten somit die Hauptfrage dieser Arbeit: «Welche Regionen der Schweiz soll die FSAG prioritär mit Photovoltaikanlagen bestücken, respektive mögliche Installationen prüfen?»

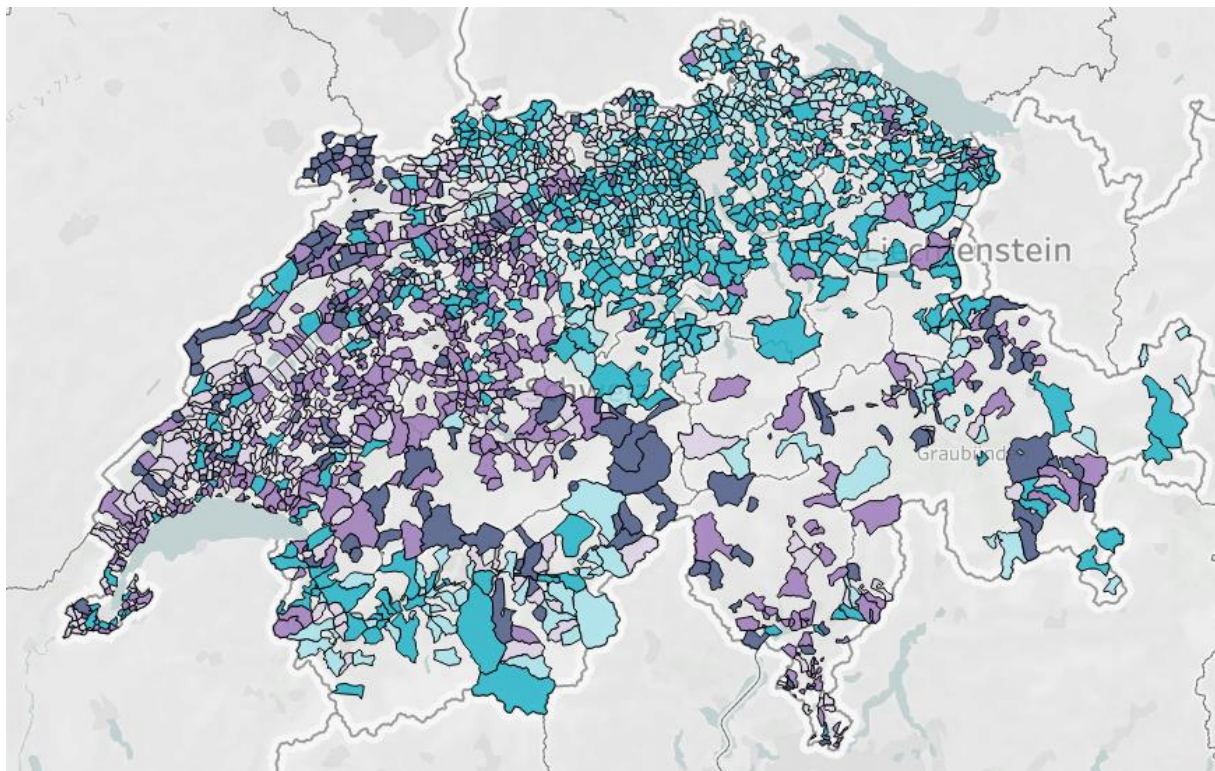


Abbildung 29: Visualisierung Cluster auf Schweizer Karte.  
Quelle: Screenshot von tableau.com.

Legende:  Cluster 1  Cluster 2  Cluster 3  Cluster 4  Cluster 5

Fährt man nun in Tableau mit der Maus über die einzelnen Gemeinden, sieht man den Gemeindennamen, die Postleitzahl, sowie das Standort- und Wirtschaftspotenzial (vgl. Abbildung 30). Ausserdem besteht die Möglichkeit, beliebig zu Filtern und weitere Detailinformationen zu den Gemeinden hinzuzufügen. In der Abbildung werden nur die Daten aufgelistet, welche für die Erstellung der Clusters verwendet wurden.

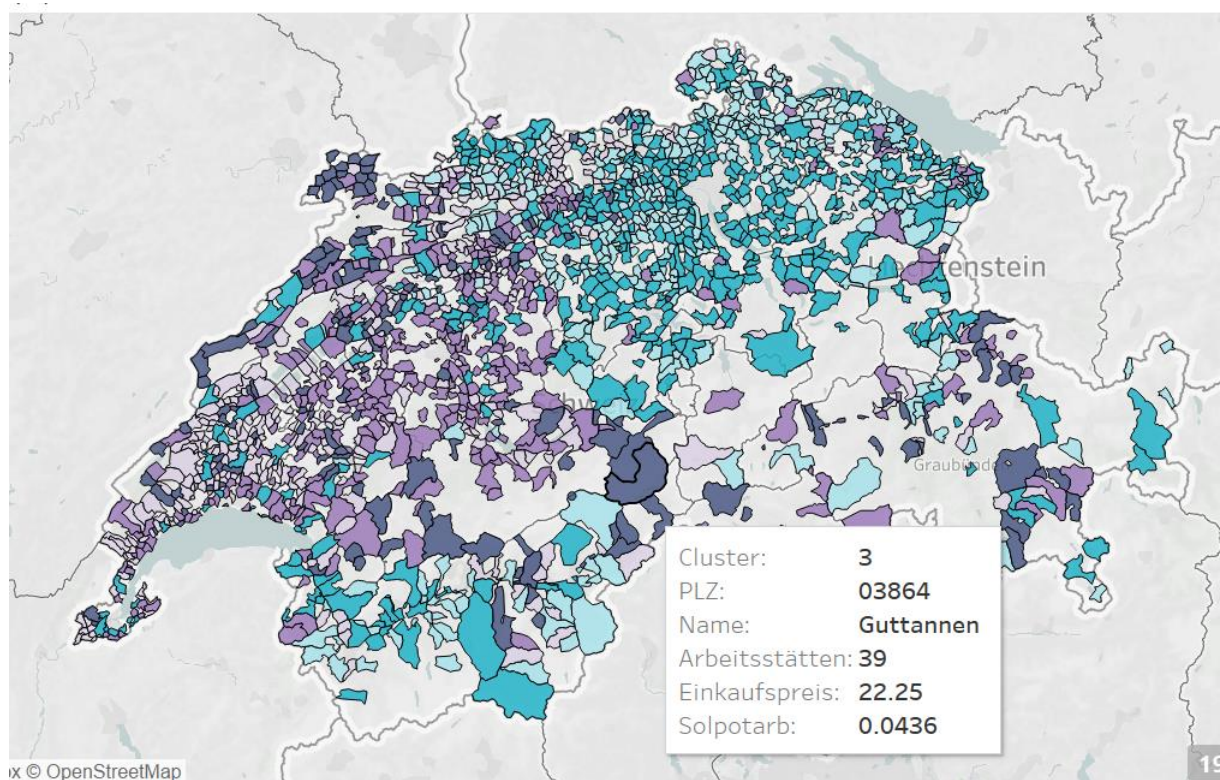


Abbildung 30: Visualisierung alle Cluster Beispiel.  
Quelle: Screenshot von tableau.com.

In der Region Deutschschweiz lässt sich erkennen, dass vor allem ein höheres Standortpotenzial besteht, während in der Westschweiz ein höheres Wirtschaftspotenzial (vgl. Kapitel 4.2.2) besteht. In der Ostschweiz (Sitz der Fortimo) bestehen relativ wenig Gemeinden, die sich im Cluster 3 befinden (vgl. Abbildung 31). Deshalb wird der FSAG vorgeschlagen, Ostschweizer Gemeinden der Cluster 2 und 4 näher zu untersuchen (vgl. Abbildung 32).



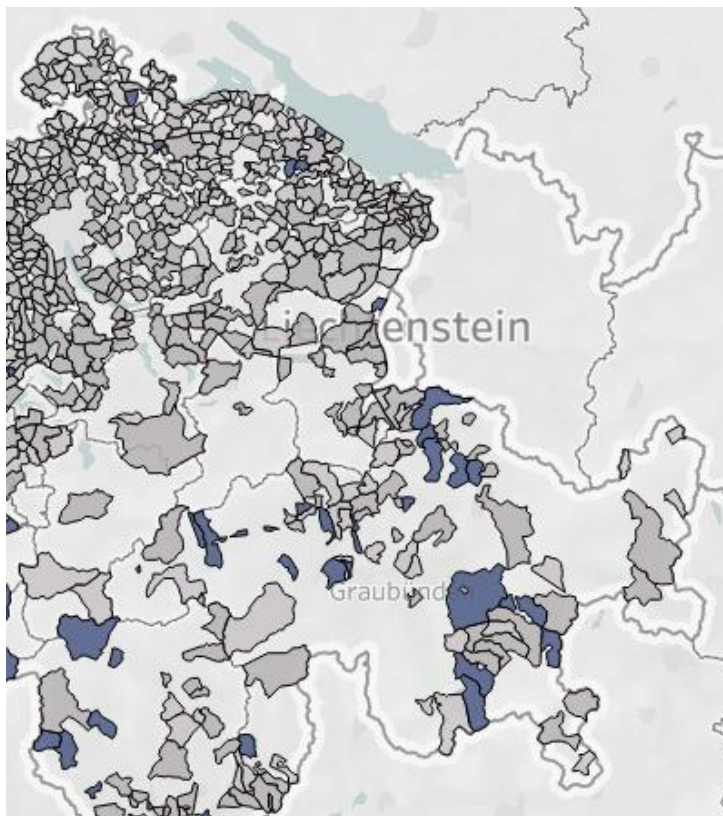


Abbildung 31: Visualisierung Cluster 3 Ostschweiz  
Quelle: Screenshot von [tableau.com](https://tableau.com)

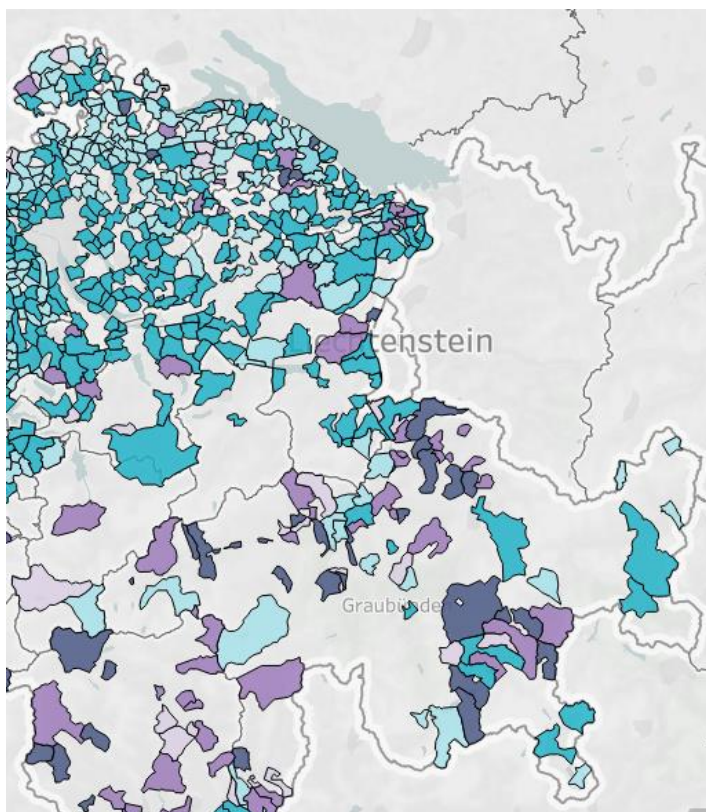


Abbildung 32: Visualisierung alle Cluster Ostschweiz  
Quelle: Screenshot von [tableau.com](https://tableau.com)

## 5 Schlusswort

In diesem Kapitel werden die Ziele überprüft, die Learnings der Arbeitsgruppe und das weitere Vorgehen für die FSAG festgehalten.

### 5.1 Zielüberprüfung

In diesem Unterkapitel werden die gesetzten Ziele der Datenanalyse überprüft und mögliche Vorschläge für eine Erweiterung der Datenanalyse getroffen.

Ziel / Informationsbedarf	Durchgeführte Datenanalyse	Optimierung
Datengestützte Entscheidungsgrundlage zur Standortauswahl bzw. Eingrenzung der Marktbearbeitung von Photovoltaikanlagen	Auf Ebene der Postleitzahlen wurde ein Potenzial für die Marktbearbeitung festgehalten.	Detailliertere Analyse der Quartiere oder Häuser wäre mittels Hektarraster möglich, jedoch ist dies sehr aufwändig.
An welchen Standorten haben wir einen hohen Stromverbrauch?	Der Stromverbrauch wurde über die Arbeitsstätten und Anz. Arbeitnehmer hergeleitet.	Der Strombedarf könnte differenzierter nach Branchen und Art der Gebäude (Arbeitsstätten, Mehrfamilienhäuser) analysiert werden. Dazu bräuchte es mehr Domänenwissen im Strommarkt und Zugang zu den entsprechenden Daten.
Welche Regionen sind interessant in Bezug auf den Strompreis?	Zugang auf verschiedene Tarife erhalten und nach den Anforderungen der FSAG für einen Tarif entschieden.	Mit entsprechendem Domänenwissen kann ein bewusster Entscheid für einen Tarif pro Verwender der Gruppe gefällt und analysiert werden.
Welche Regionen haben ein Interesse für nachhaltigen Strom?	Eine Korrelation zwischen dem Label «Energienstadt» und Anz. Ladestationen versucht festzustellen. Leider korrelieren die Daten nicht, weshalb das Interesse nach	Mit mehr Domänenwissen können weitere Parameter im Markt für nachhaltigen Strom identifiziert und analysiert werden, um eine entsprechende Argumentationsbasis zu schaffen.



	nachhaltigem Strom nicht analysiert werden konnte wegen der fehlenden Argumentation.	
Wo gibt es Bal-lungscentren von Flachdächern?	Keine öffentlich zugänglichen Daten erhalten.	Es gibt kommerzielle Anbieter die Daten zu Gebäude und Herstellungsjahr liefern. Daraus können Informationen über die Beschaffenheit, das Baujahr und die letzte Sanierung der Dächer gewonnen werden.
Wo liegen Solarenergiepotenziale?	Das Solarenergiepotenzial ist kumuliert pro Gemeinde analysiert worden. Der Anteil zwischen Privathaushalten und Industrie wurde über die Anzahl Personen des jeweiligen Bereiches berechnet.	Mit der Dachfläche pro Bereich (Industrie und Privathaushalte) wäre die Berechnung zuverlässiger als über die Anz. Personen. Jedoch ist diese Information nicht öffentlich erhältlich. Zudem lässt sich das Potenzial pro Dachfläche nur mittels Geokoordinaten und nicht mit der Postleitzahl verwenden.

*Tabelle 6: Zielüberprüfung der Datenanalyse.  
Quelle: eigene Darstellung.*

## 5.2 Learnings

In diesem Unterkapitel werden die Erfahrungen der Arbeitsgruppe geteilt:

- Durch die vielen Arbeitsschritte ist das Potenzial für Fehler gross. Ein sauberes Dokumentieren und das Vier-Augen-Prinzip hilft für die Qualitätsverbesserung.
- Bei der Themenauswahl für mögliche Datenanalysen sollte die öffentlich verfügbare Datenquellen eine zentrale Rolle spielen. Vielfach sind Daten nicht in dem Ausmass vorhanden, wie man es sich zu Beginn vorstellt.
- Konkrete Ziele für die Datensammlung und -analyse geben einen Leitfaden vor, damit man sich bei so vielen Optionen und Auswertungsmöglichkeiten nicht verliert.
- RStudio ist ein geeignetes Tool für die Datenanalyse. Allerdings braucht es eine gewisse Einarbeitungszeit und gute Vorkenntnisse in der deskriptiven Statistik.

- Für die Clusterüberprüfung gibt es keine technischen Möglichkeiten, dafür ist ein entsprechendes Domänenwissen notwendig.
- Der Umgang mit Ausreißern in der Datensammlung kann die Analyse und Visualisierung deutlich erschweren.
- Die Möglichkeiten von Excel, Tableau und RStudio überschneiden sich, weshalb klar entschieden werden muss, wo welche Schritte vollzogen werden.

### 5.3 Weiteres Vorgehen Fortimo Solutions AG

In diesem Unterkapitel wird festgehalten, wie das weitere Vorgehen der FSAG sein könnte.

- Für das weitere Vorgehen empfiehlt sich, dass die FSAG eine Priorisierung der vielversprechendsten Gemeinden mittels des vorgestellten Clusterings trifft.
- Bei einer detaillierteren Analyse der Gemeinde kann die FSAG dann entscheiden, ob noch weitere Daten gekauft oder erhoben werden müssen, mögliche Beispiele finden sich hier:
  - Gebäudestromverbrauch (konstanter Stromverbrauch, nur am Tag, in der Nacht oder 24 Stunden)
  - Gebäudenutzungsart (Analyse nach Branchen, Sektoren und Privatem Wohnen)
  - Analyse nach verwendeten Energiesystemen in der Gemeinde (Elektroladestationen, elektrische Wärmeaufbereitung (Wasser und Heizen))
  - Sonnenscheindauer über die Jahreszeiten und die Entwicklung im Jahresvergleich
  - Dachflächen (inkl. der Beschattung und Dachaufbauten)
  - Standorten von Gebäuden (Meter über Meer, Täler, andere Gebäude, Bäume, Schatten von Hügeln oder Bergen)
- Für eine Trendanalyse im Bereich des Solarstromes können auch noch folgende Marktanalysen weiterhelfen:
  - Analyse der Entwicklung der Elektromobilität (Subvention usw.)
  - Analyse der Entwicklung der Energieträgersubstitution (Weg von Öl, Gas hin zu Elektrizität, Wasserstoff etc.) und der Energiespeicherung und deren Technologie und Preise

## Literaturverzeichnis

Bundesamt für Energie. (2021). *Ladestationen für Elektroautos* | *opendata.swiss*. <https://opendata.swiss/de/dataset/ladestationen-fuer-elektroautos/>

Bundesamt für Energie BFE. (2019). *Sonnendach.ch und Sonnenfassade.ch: Berechnung von Potenzialen in Gemeinden*.

Bundesamt für Statistik. (2020). *Arbeitsstätten und Beschäftigte nach Jahr, Gemeinde, Wirtschaftssektor und Beobachtungseinheit*. PX-Web. [http://www.pxweb.bfs.admin.ch/pxweb/de/px-x-0602010000\\_102/-/px-x-0602010000\\_102.px/](http://www.pxweb.bfs.admin.ch/pxweb/de/px-x-0602010000_102/-/px-x-0602010000_102.px/)

ElCom, E. E. (2021). *Tarif-Rohdaten der schweizerischen Verteilnetzbetreiber*. <https://www.elcom.admin.ch/elcom/de/home/themen/strompreise/tarif-rohdaten-verteilnetzbetreiber.html>

EnergieSchweiz. (2017). *Solarstrom Eigenverbrauch optimieren*.

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie (BFE). (2017, Oktober). *Elektromobilität für Gemeinden*. *local-energy.swiss*. [https://www.local-energy.swiss/dam/jcr:86cf985b-387b-47c3-a677-f8b4abe49369/EnergieSchweiz-Leitfaden\\_Elektromobilitaet-D.pdf](https://www.local-energy.swiss/dam/jcr:86cf985b-387b-47c3-a677-f8b4abe49369/EnergieSchweiz-Leitfaden_Elektromobilitaet-D.pdf)

Energiestadt, T. (2021). *Trägerverein Energiestadt—Kompetenzzentrum für lokale Energie- und Klimapolitik*. Energiestadt. <https://www.energiestadt.ch/>

Hostettler, T. (2020). *Markterhebung Sonnenenergie 2019*.

Klauser, D., & Schlegel, T. (2016). *Dokumentation Geodatenmodell Solarenergie: Eignung Dächer (Sonnendach.ch) Solarenergie: Eignung Fassaden (Sonnenfassade.ch)*.

Lindelaub, R. (o. J.). *Welches Dach ist für Photovoltaik geeignet?* Abgerufen 4. April 2021, von <https://www.solarstromerzeugung.de/grundlagen/fragen-antworten/photovoltaik-dach/>

## Anhang

### A Datenquellen Detailbeschreibung

Nachfolgend werden die Eigenschaften der Datenquellen und deren Spalten im Detail erläutert. Die grün eingefärbten Zeilen wurden für die Analyse verwendet.

#### A.1 Solarenergiepotenziale

Eigenschaft	Beschreibung
Datensatz-ID	Solarenergiepotenziale
Quelle	<a href="http://www.uvek-gis.admin.ch/BFE/ogd/52/Solarenergiepotenziale_Gemeinden_Daecher_und_Fassaden.CSV">http://www.uvek-gis.admin.ch/BFE/ogd/52/Solarenergiepotenziale_Gemeinden_Daecher_und_Fassaden.CSV</a>
Format	CSV
Verwendete Inhalte	<ul style="list-style-type: none"><li>• Primärschlüssel: BFS Nummer Gemeinde</li><li>• Solarpotenzial in GWh pro Jahr mit nur Dächer und nur Solarstrom</li></ul>

Tabelle 7: Beschreibung Datensatz Solarenergiepotenziale.

Spalte	Beispiel	Beschreibung
MunicipalityNumber	3204	BFS Nummer Gemeinde
MunicipalityName	Wittenbach	Gemeindename
Canton	St. Gallen	Kanton
Country	CH	Land
Scenario1_RoofsOnly_PotentialSolarElectricity_GWh	40.35	Solarpotenzial in GWh pro Jahr mit <ul style="list-style-type: none"> <li>• nur Dächer</li> <li>• nur Solarstrom</li> </ul>
Scenario2_RoofsOnly_PotentialSolarElectricity_GWh	26.32	Solarpotenzial in GWh pro Jahr mit <ul style="list-style-type: none"> <li>• nur Dächer</li> <li>• Kombination Solarwärme und Solarstrom</li> <li>• Potenzial Solarstrom zusätzlich zur Solarwärme</li> </ul>
Scenario2_RoofsOnly_PotentialSolarHeat_GWh	16.53	Solarpotenzial in GWh pro Jahr mit <ul style="list-style-type: none"> <li>• nur Dächer</li> <li>• Kombination Solarwärme und Solarstrom</li> </ul>

Spalte	Beispiel	Beschreibung
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Potenzial Solarwärme (Heizwärme und Warmwasser):</li> </ul>
Scenario3_RoofsFacades_PotentialSolarElectricity_GWh	55.9	Solarpotenzial in GWh pro Jahr mit <ul style="list-style-type: none"> <li>Dächer + Fassaden</li> <li>nur Solarstrom</li> </ul>
Scenario4_RoofsFacades_PotentialSolarElectricity_GWh	41.87	Solarpotenzial in GWh pro Jahr mit <ul style="list-style-type: none"> <li>Dächer + Fassaden</li> <li>Kombination Solarwärme und Solarstrom</li> <li>Potenzial Solarstrom zusätzlich zur Solarwärme</li> </ul>
Scenario4_RoofsFacades_PotentialSolarHeat_GWh	16.53	Solarpotenzial in GWh pro Jahr mit <ul style="list-style-type: none"> <li>Dächer + Fassaden</li> <li>Kombination Solarwärme und Solarstrom</li> <li>Potenzial Solarstrom zusätzlich zur Solarwärme</li> </ul>
Factsheet	<a href="https://www.uvek-gis.admin.ch/BFE/storymaps/ECH_SolarpotGemeinden/pdf/3204.pdf">https://www.uvek-gis.admin.ch/BFE/storymaps/ECH_SolarpotGemeinden/pdf/3204.pdf</a>	Link zu Details und Hinweise zur Berechnung

Spalte	Beispiel	Beschreibung
Methodology	<a href="https://www.uvek-gis.admin.ch/BFE/redirect/sol.html">https://www.uvek-gis.admin.ch/BFE/redirect/sol.html</a>	Link zu Details zur Berechnungsmethode

Tabelle 8: Detailbeschreibung Inhalt Datensatz Solarenergiepotenziale.

## A.2 Stromtarife Einkauf

Eigenschaft	Beschreibung
Datensatz-ID	Stromtarife Einkauf
Quelle	<a href="https://www.strompreis.elcom.admin.ch/Start.aspx?lang=de">https://www.strompreis.elcom.admin.ch/Start.aspx?lang=de</a> Hinweis: Die Daten werden zusammengesetzt aus den Tabellen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Schweizerische Gemeinden und zuständige Stromnetzbetreiber</li> <li>Rohdaten Tariferhebung ElCom 2021</li> </ul>
Format	XLSX
Verwendete Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Primärschlüssel: Gemeinde (Gde-Nr. oder PLZ)</li> <li>Name und ID Netzbetreiber</li> <li>Kategorie (C3 Mittlerer Betrieb – C7 Grossbetrieb)</li> <li>Total Strompreis in CHF</li> </ul>

Tabelle 9: Beschreibung Datensatz Einkauf.

Spalte	Beispiel	Beschreibung
ID	11	ID vom Netzbetreiber
Netzbetreiber	Aare Versorgungs AG	Name vom Netzbetreiber
VSE-ID	10120012345	Eindeutige Kennnummer vom Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
Kategorie	H1	Verbrauchskategorie <ul style="list-style-type: none"> <li>• H1: 1'600 kWh/Jahr: 2-Zimmerwohnung mit Elektroherd</li> <li>• H2: 2'500 kWh/Jahr: 4-Zimmerwohnung mit Elektroherd</li> <li>• H3: 4'500 kWh/Jahr: 4-Zimmerwohnung mit Elektroherd und Elektroboiler</li> <li>• H4: 4'500 kWh/Jahr: 5-Zimmerwohnung mit Elektroherd und Tumbler (ohne Elektroboiler)</li> <li>• H6: 25'000 kWh/Jahr: 5-Zimmer-Einfamilienhaus mit Elektroherd, Elektroboiler, Tumbler und mit elektrischer Widerstandsheizung</li> <li>• H7: 13'000 kWh/Jahr: 5-Zimmer-Einfamilienhaus mit Elektroherd, Elektroboiler, Tumbler, Wärmepumpe 5 kW zur Beheizung</li> </ul>



Spalte	Beispiel	Beschreibung
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• H8: 7'500 kWh/Jahr: Grosse, hoch elektrifizierte Eigentumswohnung</li> <li>• C1: 8'000 kWh/Jahr: Kleinstbetrieb, max. beanspruchte Leistung: 8 kW</li> <li>• C2: 30'000 kWh/Jahr: Kleinbetrieb, max. beanspruchte Leistung: 15 kW</li> <li>• C3: 150'000 kWh/Jahr: Mittlerer Betrieb, max. beanspruchte Leistung: 50 kW</li> <li>• C4: 500'000 kWh/Jahr: Grosser Betrieb, max. beanspruchte Leistung: 150 kW, Niederspannung</li> <li>• C5: 500'000 kWh/Jahr: Grosser Betrieb, max. beanspruchte Leistung: 150 kW, Mittelspannung, eigene Transformatorenstation</li> <li>• C6: 1'500'000 kWh/Jahr: Grosser Betrieb, max. beanspruchte Leistung: 400 kW, Mittelspannung, eigene Transformatorenstation</li> <li>• C7: 7'500'000 kWh/Jahr: Grosser Betrieb, max. beanspruchte Leistung: 1'630 kW, Mittelspannung, eigene Transformatorenstation</li> </ul>
Netznutzung	17,38369643	Preis Netznutzung Rp./kWh exkl. MWST
Energie	7,925401786	Preis Energie Rp./kWh exkl. MWST

Spalte	Beispiel	Beschreibung
Abgabe	1,15	Preis Abgabe Rp./kWh exkl. MWST
KEV	2,3	Preis KEV Rp./kWh exkl. MWST
Total exkl. MWST	28,75909821	Preis obige Eigenschaften in Rp./kWh exkl. MWST

Tabelle 10: Detailbeschreibung Inhalt Datensatz Rohdaten Tarifierhebung ElCom 2021

Spalte	Beispiel	Beschreibung
Netzbetreiber Name	Aare Versorgungs AG	Angaben des verantwortlichen Netzbetreibers
Netzbetreiber Adresse	Aarburgerstrasse 39	
Netzbetreiber Adresszusatz	Postfach	
Netzbetreiber PLZ	4601	
Netzbetreiber Ort	Olten	
Versorgte Gemeinde Gde-Nr.	2586	Angaben über die versorgte Gemeinde
Versorge Gemeinde Plz	4612	
Versorgte Gemeinde Gemeinde	Wangen bei Olten	
Versorgte Gemeinde Kanton	SO	

Tabelle 11: Detailbeschreibung Inhalt Datensatz Schweizerische Gemeinden und zuständige Stromnetzbetreiber.

### A.3 Stromtarife Verkauf

Eigenschaft	Beschreibung
Datensatz-ID	Stromtarife Verkauf
Quelle	<a href="https://www.vese.ch/pvtarif/">https://www.vese.ch/pvtarif/</a>  Beschreibung API: <a href="https://www.vese.ch/wp-content/uploads/pvtarif/pvtarif2/pdf/pvtarif_Schnittstellenbeschreibung_OpenData_v02.pdf">https://www.vese.ch/wp-content/uploads/pvtarif/pvtarif2/pdf/pvtarif_Schnittstellenbeschreibung_OpenData_v02.pdf</a>
Format	XLSX
Verwendete Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Primärschlüssel: ID für Elektrizitätswerk (nrElcom)</li> </ul> Hinweis: Entspricht der ID vom Einkauf vom Stromtarif. Dadurch muss beim Verkauf nur eine Tabelle verwendet werden.  Vergütung Total

Tabelle 12: Beschreibung Datensatz Stromtarife Verkauf

Spalte	Beispiel	Beschreibung
nrElcom	360	ID für Elektrizitätswerk. Entspricht der vom ElCom
Name	Elektrizitätsversorgung Wittenbach	Name vom Elektrizitätswerk
Idofs	3204	Gemeinde Gde-Nr.
PLZ	9300	Gemeinde Plz

Spalte	Beispiel	Beschreibung
Gemeinde	Wittenbach	Gemeinde Name

Tabelle 13: Detailbeschreibung Inhalt Datensatz Stromtarife Verkauf zuständige Elektrizitätswerke.

Spalte	Beispiel	Beschreibung
nrElcom	360	ID für Elektrizitätswerk
nomEw	Elektrizitätsversorgung Wittenbach	Name vom Elektrizitätswerk
population	4788	Einwohner
energyX		<p>Vergütung Energie Leistungsklasse X in Rp/kWh</p> <p>Wobei X die Zahl der die jeweilige Leistungsklasse ist. Die Klassen variieren je nach Elektrizitätswert und sind in der Datenquelle erfasst.</p> <p>Aufgrund der Anforderungen von FSAG wird die Leistungsklasse h4Energy_15 für unsere Analyse verwendet.</p>
energy1_nt ....	-	Insgesamt gibt es in diesem Datensatz 418 Kombinationen mit der Leistungsklasse, Hoch-/Niedertarif, Winter-tarif, Eigenverbraucher usw...

Spalte	Beispiel	Beschreibung
		Details dazu können der API-Beschreibung entnommen werden.

Tabelle 14: Detailbeschreibung Inhalt Datensatz Stromtarife Verkauf zuständige Elektrizitätswerke.

## A.4 Elektrofahrzeuge-Ladestationen

Eigenschaft	Beschreibung
Datensatz-ID	Elektrofahrzeuge-Ladestationen
Quelle	<a href="https://opendata.swiss/de/dataset/ladestationen-fuer-elektroautos">https://opendata.swiss/de/dataset/ladestationen-fuer-elektroautos</a>
Format	JSON
Verwendete Inhalte	<ul style="list-style-type: none"><li>• Primärschlüssel: Gemeinde (PLZ)</li><li>• Anzahl Ladestationen pro Gemeinde</li></ul>

Tabelle 15: Beschreibung Datensatz Elektrofahrzeuge-Ladestationen.

Beispieleintrag	Beschreibung
<pre>[   {     "Address": {</pre>	Für die Datenanalyse wird nicht jede Station im Detail betrachtet. Es wird berechnet, wie viele Stationen sich in einer Gemeinde befinden.

Beispieleintrag	Beschreibung
<pre>"City": "Interlaken", "Country": "CHE", "HouseNum": "16", "PostalCode": "3800", "Street": "Alpenstrasse", "Floor": null, "Region": null, "Timezone": null }, "IsOpen24Hours": false, "ChargingStationId": "CH*BVS*E001*0001", "GeoCoordinates": {   "Google": "46.68459 7.86187" }, "lastUpdate": null, "HotlinePhoneNum": "", "ClearinghouseID": null, "OpeningTimes": null, "GeoChargingPointEntrance": {   "Google": "None None" }, "ChargingStationName": "CH*BVS*E001*0001", "EnChargingStationName": null,</pre>	

Beispieleintrag	Beschreibung
<pre>"HubOperatorID": null, "Plugs": [   "Type 2 Outlet" ], "Accessibility": "Free publicly accessible", "EvseID": "CH*BVS*E001*0002", "DynamicInfoAvailable": "false", "ChargingFacilities": [   {     "power": 11.0   } ], "IsHubjectCompatible": false, "ChargingModes": null, "MaxCapacity": null, "PaymentOptions": [   "Direct" ], "AdditionalInfo": null, "ChargingPoolID": null, "deltaType": null, "ValueAddedServices": [   "None" ]</pre>	

Beispieleintrag	Beschreibung
<pre>       ],       "AuthenticationModes": [         "Direct Payment"       ]     }   ] </pre>	

Tabelle 16: Detailbeschreibung Inhalt Datensatz Elektrofahrzeuge-Ladestationen.

## A.5 Energiestädte

Eigenschaft	Beschreibung
Datensatz-ID	Energiestädte
Quelle	XTF Quelle: <a href="https://data.geo.admin.ch/ch.bfe.energiestaedte/">https://data.geo.admin.ch/ch.bfe.energiestaedte/</a> JSON von von <a href="https://www.energiestadt.ch/de/startseite-2.html">https://www.energiestadt.ch/de/startseite-2.html</a>
Format	XTF Geodatenmodell mit Ortsnamen und Koordinaten JSON
Verwendete Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• XTF Datenquelle</li> <li>• Primärschlüssel: BFS Gemeindenummer</li> <li>• Erreichungsgrad Energiestadt</li> </ul>

Tabelle 17: Beschreibung Datensatz Energiestädte



Spalte	Beispiel	Beschreibung
BFSNum	3204	BFS Gemeindenummer
Name	Wittenbach (SG)	Gemeindename
Geometrie	[Table]	Enthält Tabelle Koordinaten der Gemeindegrenze
EnergiestadtSeit	2001-06-21	Seit diesem Datum Energiestadt
Punktezahl	77	Erreichungsgrad Energiestadt
AnzahlAudits	6	Durchgeführte Audits
Einwohner	9651	Anzahl Einwohner
Berater	Gebhard Beck	Zuständiger Berater
LinkEnergiestadtWeb	<a href="https://www.local-energy.swiss/programme/profile/wittenbach-sg.html#/">https://www.local-energy.swiss/programme/profile/wittenbach-sg.html#/</a>	Link zu Details
Kategorie	[Table]	Beispiel: Attribute:REF
Attribute:TID	3204	Gemeinde ID
BeteiligteGemeinden		Keine Detailbeschreibung vorhanden
Attribute:PID	b001	Keine Detailbeschreibung vorhanden
id	230	Energiestadt-ID
lat	47.4598793	geographische Breite
lng	9.3899899	geographische Länge

Spalte	Beispiel	Beschreibung
title	Wittenbach (SG)	Gemeindename
image	/admin/data/files/page_client/logo/230/Wittenbach_logo_small.jpg?lm=1614588421	Quelle Gemeindewappen
uri	/de/energiestaedte-mitglieder/wittenbach-(sg)-359.html	Quelle Gemeindeinformation
county	St. Gallen	Kanton
score	77.2%	Erreichungsgrad Energiestadt
residents	9'691	Anzahl Einwohner
roomType	-	Städtisch / Ländlich / Agglomeration / null
es_label	es_classic	Beschreibung Labeltyp (Classic/Gold/null)

Tabelle 18: Detailbeschreibung Inhalt Datensatz Energiestädte JSON.

## A.6 Arbeitsstätten

Eigenschaft	Beschreibung
Datensatz-ID	Arbeitsstätten
Quelle	<a href="https://www.bfs.admin.ch/asset/de/px-x-0602010000_102">https://www.bfs.admin.ch/asset/de/px-x-0602010000_102</a>  Hinweis: Die Daten sind in der Datenquelle Regionalporträts 2021 ebenso enthalten und besser strukturiert.
Format	PX Tabelle (Interaktiv mit Excel Export oder als JSON Download)

Verwendete Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primärschlüssel: Gemeinde (Gde-Nr)</li> <li>• Anzahl Arbeitsstätten</li> <li>• Anzahl Beschäftigte</li> </ul>
--------------------	--

Tabelle 19: Beschreibung Datensatz Arbeitsstätten.

Spalte	Beispiel	Beschreibung
Jahr	2018	Letzte Änderungen: Neuer Datensatz 2018 Stand der Datenbank: 28.08.2020
Gemeinde	3204 Wittenbach	Zusammengesetzt aus Gde-Nr und Gemeindename
Sektor	1 Primärsektor 2 Sekundärer Sektor 3 Tertiärer Sektor	Wirtschaftssektor Schweiz: 1: Landwirtschaft / Fischerei / Bergbau / Forstwirtschaft 2: Industrie / Handwerk / Baugewerbe 3: Dienstleistungen / Handel
Anzahl Arbeitsstätten	Sektor 1: 39 Sektor 2: 104 Sektor 3: 320	Anzahl Arbeitsstätten in dieser Gemeinde nach Sektor
Anzahl Beschäftigte	Sektor 1: 95 Sektor 2: 1184 Sektor 3: 2466	Anzahl Beschäftigte in dieser Gemeinde nach Sektor

Tabelle 20: Detailbeschreibung Inhalt Datensatz Arbeitsstätten

## A.7 Kennzahlen Schweizer Gemeinden

Eigenschaft	Beschreibung
Datensatz-ID	Gemeindedaten
Quelle	<a href="https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/regionalstatistik/regionale-portraits-kennzahlen/gemeinden/daten-erlaeu-terungen.assetdetail.15864450.html">https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/regionalstatistik/regionale-portraits-kennzahlen/gemeinden/daten-erlaeu-terungen.assetdetail.15864450.html</a>
Format	CSV
Verwendete Inhalte	<ul style="list-style-type: none"><li>• Primärschlüssel: Gemeinde (Gde-Nr)</li><li>• Ind_01_01: Bevölkerung - Einwohner</li><li>• Ind_04_01: Fläche - Fläche, Total</li><li>• Ind_04_02: Fläche – Siedlungsflächen</li><li>• Ind_06_03: Beschäftigte, Total</li><li>• Ind_06_04: Beschäftigte, im 1. Sektor</li><li>• Ind_06_05: Beschäftigte, im 2. Sektor</li><li>• Ind_06_06: Beschäftigte, im 3. Sektor</li><li>• Ind_06_07: Arbeitsstätten, Total</li><li>• Ind_06_08: Arbeitsstätten, im 1. Sektor</li><li>• Ind_06_09: Arbeitsstätten, im 2. Sektor</li><li>• Ind_06_10: Arbeitsstätten, im 3. Sektor</li></ul>

Tabelle 21: Beschreibung Datensatz Gemeindedaten

Spalte	Beispiel	Beschreibung
PERIOD_REF	2019	Messzeitraum
PERIOD_COMP		Vergleichszeitraum
CODE_REGION	1	Gemeinde-Nummer
REGION	Aeugst am Albis	Gemeindename
INDICATORS	Ind_01_01	<p>41 Mögliche Werteangaben. Möglicherweise interessant:</p> <p>Ind_01_01: Bevölkerung - Einwohner</p> <p>Ind_04_01: Fläche - Fläche, Total</p> <p>Ind_04_02: Fläche - Siedlungsflächen</p> <p>Ind_06_04: Beschäftigte, im 1. Sektor</p> <p>Ind_06_05: Beschäftigte, im 2. Sektor</p> <p>Ind_06_06: Beschäftigte, im 3. Sektor</p> <p>Ind_06_07: Arbeitsstätten, Total</p> <p>Ind_06_08: Arbeitsstätten, im 1. Sektor</p>

Spalte	Beispiel	Beschreibung
		Ind_06_09: Arbeitsstätten, im 2. Sektor Ind_06_10: Arbeitsstätten, im 3. Sektor
UNIT_MES	UM_6	UM_2: %  UM_3: Einwohner pro km <sup>2</sup> Gesamtfläche  UM_4: ‰  UM_6: in Personen  UM_9: Arbeitsstätten  UM_10: in ha  UM_11: in m <sup>2</sup>  UM_12: pro 1000 Einwohner  UM_16: Absoluter Wert:
VALUE	1981	Eigentlicher Wert
STATUS	A	A: Normaler Wert

Spalte	Beispiel	Beschreibung
		M: Entfällt, weil trivial oder Begriffe nicht anwendbar  Q: Entfällt aus Datenschutzgründen

Tabelle 22: Detailbeschreibung Inhalt Datensatz Gemeindedaten.

## **B** Detailliertes Vorgehen beim Zusammenführen der Daten

### **B.1** Ablauf

Nachfolgend wird zur Nachvollziehbarkeit der genaue Ablauf beim Zusammenführen der Daten beschrieben.

- 1) Gemeindenummer, Kanton, Solarpotenzial aus Datensatz Solarenergiepotenziale in Excel import. Bei den Zahlen den Dezimalseparator «.» auf «,» angepasst.
- 2) Stromverkaufspreise h4Energy\_15 anhand der nrElcom den Einkaufspreisen zugeordnet mittels Sverweis
- 3) Stromeinkaufspreise der Gemeinden mittels Excel Indexfunktion den Stromnetzbetreibern zuteilen. Doppelte Werte (=zwei Stromnetzbetreiber) mittels Excel Konsolidieren (Mittelwert)
- 4) Netzbetreiber entfernen, da er nun teilweise zusammengefasst und deshalb wertlos ist
- 5) Gemeindenamen mit Sverweis ergänzen aus Strom Einkaufsliste (PK: Gemeindenr)
- 6) Solarpotenzial mit Servweis ergänzen aus Soloarpotenzialliste (PK: Gemeindenr)
- 7) Pivot Tabelle von Gemeindedaten angelegt mit den Optionen:
  - Zeilen: CODE\_REGION
  - Spalten: INDICATORS
  - Werte = Summe von Value. 0 Werte (Ganzer Zelleninhalt) bereinigen
- 8) Gemeindedaten mit Servweis ergänzen aus Pivot Tabelle (PK: Gemeindenr)
- 9) Energiestädte als Json in Word importiert: = Table.ExpandRecordColumn("#"In Tabelle konvertiert", "Column1", {"id", "lat", "lng", "title", "image", "uri", "county", "score", "residents", "roomType", "es\_label"}, {"Column1.id", "Column1.lat", "Column1.lng", "Column1.title", "Column1.image", "Column1.uri", "Column1.county", "Column1.score", "Column1.residents", "Column1.roomType", "Column1.es\_label"})
- 10) Energiestädte mit Sverweis (Genaue Übereinstimmung, Gemeindenummer als PK) zugeteilt.
- 11) Mit Rstudio Anzahl Elektrostationen pro Gemeinde berechnet und mittels Sverweis (Genaue Übereinstimmung, PLZ als PK) zugeteilt.



## B.2 Berechnung Anzahl Elektroladestationen pro Gemeinde

Mit dem nachfolgenden Skript wurde in Rstudio die Anzahl der Elektrostationen pro Gemeinde berechnet

```
Upload Elektrofahrzeuge-Ladestationen.json
install.packages("jsonlite")
library(jsonlite)
stationen <- fromJSON ("Datensätze/Elektrofahrzeuge-Ladestationen.json")
datarecords <- stationen$EVSEData$EVSEDataRecord
for (record in datarecords) {postalcodes <- c(postalcodes, (record[["Address"]][["PostalCode"]]))}
postaltable <- table(postalcodes)
as.data.frame(postaltable)
```

## C Berechnung Eignung

Gruppe	Solarpotenzial	Standort- potenzial	Wirtschafts- potenzial	Eignung
1	Niedrig	Niedrig – Mittel	Niedrig – Mittel	Niedrig (1.3) Vorteil: Standort
2	Niedrig	Hoch	Mittel	Mittel (2) Vorteil: Standort
3	Mittel – Hoch	Niedrig – Hoch	Mittel – Hoch	Mittel-Hoch (2.6) Vorteil: Überall
4	Niedrig	Mittel – Hoch	Hoch	Mittel (2.2) Vorteil: Wirtschaft
5	Niedrig	Niedrig – Mittel	Hoch	Niedrig-Mittel (1.8) Vorteil: Wirtschaft

Berechnung Eignung: Durchschnitt aller Potenziale abgerundet. Dabei wurden die nachfolgenden Zahlenwerte definiert: (z.B: bei Gruppe 1:  $(1+1.5+1.5) / 3 = 1.3$ ).

- Niedrig = 1
- Niedrig – Mittel = 1.5
- Niedrig – Hoch = 2
- Mittel = 2
- Mittel – Hoch = 2.5
- Hoch = 3

## Vertraulichkeitserklärung

Wir erklären hiermit, dass wir die vorliegende Arbeit resp. die von uns ausgewiesene Leistung selbständig, ohne Mithilfe Dritter und nur unter Ausnützung der angegebenen Quellen verfasst resp. erbracht haben.

Ort, Datum: St. Gallen, 18. Juni 2021

Verfassende



Maurin Büche



Katharina Giger



Marc Giger



Manuel Scheuber