

E²GEM – TOOL ZUR ENERGIEANALYSE AUF KOMMUNALER EBENE

Lisa Kühberger¹, Peter Nagovnak¹, Christoph Sejkora², Thomas Kienberger¹

¹ Lehrstuhl für Energieverbundtechnik (EVT) – Montanuniversität Leoben, Franz-Josef-Straße 18, +43 3842 402 5420, lisa.kuehberger@unileoben.ac.at, www.evt-unileoben.ac.at

² christoph.sejkora@gmail.com

Kurzfassung: In dieser Arbeit wird das Tool E²GEM, welches Energieanalysen auf kommunaler Ebene ermöglicht, präsentiert. In einem dreistufigen Prozess werden gemeindespezifische Daten zu erneuerbaren Potenzialen für die Erzeugung von Strom & Wärme, Energiebedarfe der Wirtschaftssektoren Industrie & Gewerbe, Wohnen und Mobilität sowie die aktuellen Energiemengen aus erneuerbarer Energieerzeugung erhoben und anschließend bilanziert. Auf diese Weise werden drei Kennzahlen ermittelt: aktueller Eigenversorgungsgrad durch erneuerbare Erzeugung, maximal möglicher Eigenversorgungsgrad durch erneuerbare Erzeugung sowie der aktuelle prozentuelle Ausbaugrad erneuerbarer Erzeugung. Diese Kennzahlen ermöglichen einerseits Aussagen zum derzeitigen sowie zukünftigen Beitrag einer Gemeinde zur Energiewende, andererseits können dadurch gezielt Transformationsprozesse auf kommunaler Ebene angestoßen werden. Derzeit können vollständige Analysen für das Bundesland Steiermark durchgeführt werden, Analysen weiterer Bundesländer sowie Wirtschaftssektoren sind voraussichtlich mit Ende Q1/2022 verfügbar.

Keywords: kommunale Energieanalyse, technische erneuerbare Energiepotenziale, sektoraler Energiebedarf

1 Einführung

Aufgrund der nach wie vor beträchtlichen Verwendung fossiler Brennstoffe ist es zur Erreichung unserer Klimaziele unumgänglich, diese mit nachhaltigen, erneuerbaren Energieträgern zu substituieren. Jedoch ermöglicht erst die genaue Kenntnis über Potenziale solch erneuerbarer Energien ebendiese gezielt zu nutzen und somit die Energiewende zu beschleunigen.

Mit dem Beschluss des Erneuerbaren Ausbau Gesetzes (EAG) am 07. Juli 2021 wurden konkrete gesetzliche Rahmenbedingungen zum Vorantreiben der Energiewende in Österreich geschaffen. Gemäß dem EAG, soll Österreichs Strombedarf bis zum Jahr 2030 bilanziell zu 100 % aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden. Zur Erreichung dieses Zieles ist ein Ausbau der genutzten erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung um etwa 50 % (bezogen auf 2019) erforderlich. Laut dem Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) sollen Photovoltaik- und Windkraftanlagen mit einem Ausbaziel von insgesamt 21 TWh am stärksten ausgebaut werden. [1]

Um diese ambitionierte Zielsetzung zu erreichen, ist sowohl auf Bundes- und Landesebene als auch auf kommunaler Ebene eine Transformation in Richtung erneuerbarer

Energiegewinnung unabdingbar. Oftmals fehlt österreichischen Gemeinden allerdings die notwendige Expertise, um ihre Situation im Hinblick auf erneuerbare Energie zu analysieren.

Mit dem Tool **E²GEM (Erneuerbare Energie Gemeinde)** wurde daher eine Möglichkeit geschaffen, um Gemeinden bei der Transformation ihrer Energiesysteme zu unterstützen und ihre aktuelle Position am Weg der Energiewende zu identifizieren. E²GEM ermöglicht die Bilanzierung des Bedarfs an Strom- und Wärme der Wirtschaftssektoren Industrie u. Gewerbe, Mobilität sowie Haushalte und der erneuerbaren technischen Energiepotenziale (Wind- und Solarenergie, Wasserkraft, Biomasse sowie industrielle Abwärme). Diese werden der aktuellen erneuerbaren Energieerzeugung im Gemeindegebiet gegenübergestellt. Aufbauend auf diesen Analysen können auf kommunaler Ebene konkrete Realisierungsprojekte angestoßen werden.

2 Methodik

Die Methodik zur Ermittlung dieser Daten mithilfe von E²GEM beruht auf einem dreistufigen Verfahren, welches in Abbildung 1 dargestellt ist.

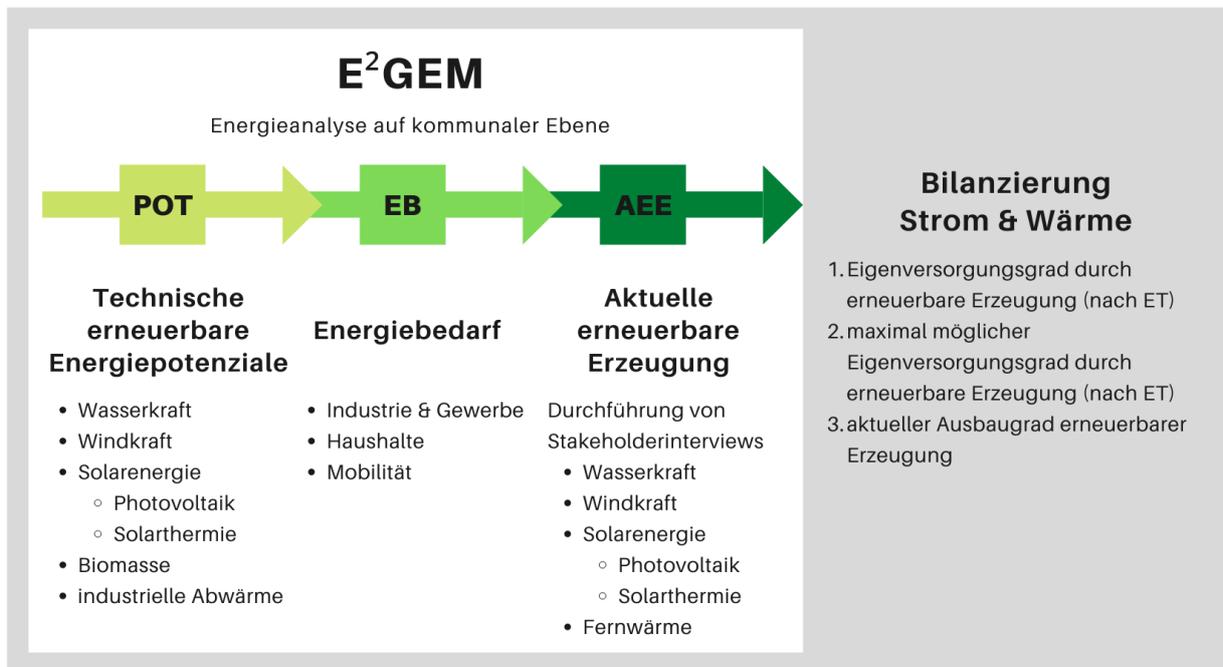


Abbildung 1: Funktionsumfang des Tools E²GEM, eigene Abbildung

2.1 POT – Technische erneuerbare Energiepotenziale

In einem ersten Schritt werden die technischen Potenziale erneuerbarer Energieträger (Strom: Wasserkraft, Windkraft, Solarenergie u. Biomasse; Wärme: Solarenergie, Biomasse, industrielle Abwärme) der Gemeinde ermittelt. Technische Potenziale beschreiben hierbei die maximal mögliche Nutzung einer Ressource durch eine Technologie. Eine Aussage der tatsächlichen Erschließbarkeit ermöglicht das technische Potenzial hingegen nicht. Die Grundlage hierfür stellen am Lehrstuhl für Energieverbundtechnik durch Sejkora et al. 2020 [2] ermittelte Daten dar, welche regelmäßig aktualisiert werden bzw. insbesondere für

Solarenergie und Biomasse unterschiedlichen Nutzungspfaden (Solarthermie vs. Photovoltaik; Verbrennung vs. Vergasung) zugeordnet werden können.

Nachfolgend werden die Basisannahmen der Potenzialberechnung für Strom und Wärme, der Energiebedarfsermittlung sowie die Vorgehensweise zur Ermittlung der aktuellen erneuerbaren Erzeugung näher erläutert.

2.1.1 Strompotenziale

Die Potenziale an Windenergie beruhen im Wesentlichen auf Daten der Windatlas und Windpotenzialstudie nach Winkelmeier und Krenn [3, 4], welche das maximal verfügbare Potenzial aus Windenergie in Österreich für alle grundsätzlich geeigneten Positionen von Windkraftanlagen ausweisen. Weiters fließen Informationen zur durchschnittlichen Windgeschwindigkeit der jeweiligen Standorte in die Daten mit ein [4, 5]. Die als homogene Punktmatrix vorliegenden Informationen werden zudem auf das Aggregationsniveau der Gemeindeebene transformiert.

Die verwendeten Wasserkraftpotenziale beruhen maßgeblich auf der Studie der Pöyry Austria GmbH [6]. Diese Studie berücksichtigt sowohl den Durchfluss aller Gewässer sowie deren Änderungen des Wasserspiegels und Gefälles, um die technischen Potenziale zu ermitteln. Da diese Studie keine räumliche Auflösung auf Gemeindeebene beinhaltet, wurden die technischen Potenziale in [2] mithilfe des Geoinformationssystems QGIS kalibriert und anschließend räumlich auf Gemeindeebene verortet.

Hinsichtlich der Strompotenziale aus Solarenergie wird zwischen der Gewinnung auf Dächern und Freiflächen unterschieden. Als geeignete Flächen wurden Dachflächen und Brachland (inkl. ungenutzter landwirtschaftlicher Flächen) mithilfe von Daten der Open Street Map (OSM) [7] ermittelt. Durch die Kombination mit Daten des Solardachkatasters der Steiermark (nähere Informationen zum Solardachkataster in [8]) konnte ein linearer Zusammenhang zwischen der Summe aller Flächen und aller PV-Potenziale je steirischer Gemeinde, mit Ausnahme von Graz, ermittelt werden. Basierend auf dem errechneten Korrelationskoeffizienten wurden die Potenziale für alle Gemeinden in Österreich ermittelt. Zur Berechnung des Freiflächenpotentials wurden folgende Flächen berücksichtigt: einmündige Wiesen, Hutweiden, Streuwiesen, Glöz G Flächen und nicht mehr genutzte landwirtschaftliche Flächen bzw. Grünland. Die Potenziale wurden anschließend unter den Annahmen von 1000 Volllaststunden sowie eines Reduktionsfaktors von 50 % aufgrund von Verschattung berechnet. [2]

Zur Stromerzeugung stehen zudem unterschiedliche Biomassen bereit, welche zuerst in einem anaeroben Vergärungsprozess zu Biogas oder über thermochemische Vergasung zu einem Produktgas transformiert und anschließend in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zu Strom und Wärme umgewandelt werden können. Grundlegend können die Biomassen in die Kategorien Abfälle, landwirtschaftliche Reststoffe, holzartige Biomasse und weitere Reststoffe eingeteilt werden. Detaillierte Erläuterungen zur Berechnung der jeweiligen Kategorien sind in [2] zu finden. Zu beachten ist dabei, dass in [2] Potenziale an erneuerbaren Gasen anstatt Strompotenziale ermittelt wurden, weshalb diese für die Verwendung mit E²GEM transformiert wurden. Anhand zweier Szenarien wird den unterschiedlichen Verwertungspfaden von Biomassen Rechnung getragen. Die zugrundeliegenden Annahmen der zwei Szenarien werden nachfolgend dargelegt:

- Szenario A: Die gesamte Biomasse wird durch Kraft-Wärme-Kopplung verstromt. Als Wirkungsgrade werden 0,27 für Strom und 0,58 für Wärme angenommen, wodurch sich ein Gesamtwirkungsgrad von 0,85 ergibt [9].
- Szenario B: Holzartige Biomasse wird zu 50 % verstromt und zu 50 % direkt thermisch verwertet. Alle anderen Biomassen werden zur Gänze verstromt. Die Wirkungsgrade der Kraft-Wärme-Kopplung sind analog zu Szenario A. Für die direkte thermische Verwertung wurde ein Wirkungsgrad von 0,94 zur Berechnung verwendet [10].

Die in den Prozessen anfallende Abwärme wird überdies hinaus den Wärmepotenzialen zugeschrieben.

2.1.2 Heizwärmepotenziale

Die Potenziale industrieller Abwärme werden den aktuellen Forschungsprojekten *Abwärmekataster III Steiermark* [11, 12] und INXS [13] entnommen, welches unter Mitwirkung des Lehrstuhls für Energieverbundtechnik der Montanuniversität Leoben durchgeführt wurde. Derzeit liegen nur Potenziale für die Steiermark vor, österreichweite Daten sind derzeit in Erarbeitung und werden mit Ablauf des Q1/2022 erwartet.

Das Solarthermiefpotenzial (ST) der Dachflächen wurde, wie auch das PV-Potenzial, dem Solardachkataster der Steiermark entnommen [14]. Die Ermittlung der verfügbaren Flächen erfolgt dabei analog zu jener der PV-Potenziale zur Stromgewinnung. Durch die Kombination von Daten des Solardachkatasters Steiermark [14] mit Daten zu PV-Potenzialen nach Sejkora et al. [2] konnten über die Ermittlung der Verhältnisse von Erträgen sowie Flächen von PV und ST weiters die Freiflächenpotenziale für ST berechnet werden.

Die Heizwärmepotentiale aus Biomasse entsprechen den Wärmepotenzialen die sich aus den in 2.1.1 beschriebenen Szenarienannahmen ergeben.

2.2 EB – Energiebedarf

Nach Ermittlung der Strom- und Heizwärmepotentiale wird der Energiebedarf der jeweiligen Gemeinde differenziert nach Energieträgern sowie Nutzenergieformen (gemäß Nutzenergieanalyse (NEA) d. Statistik Austria [15]) für die Sektoren Industrie & Gewerbe, Wohnen und Mobilität mittels spezifischer Energiekennzahlen berechnet.

Die wesentlichen Berechnungsgrößen zur Ermittlung des Energiebedarfs (Strom und Wärme) der Sektoren Industrie und Gewerbe sind die Beschäftigtenzahlen der Branchen gemäß IEA Klassifikation auf Gemeindeebene, welche dem Energiemosaik [16] entnommen wurden sowie Daten zum Energieeinsatz einzelner Energieträger für unterschiedliche Nutzenergiekategorien (z.B. Raumklima und Warmwasser) der NEA [15].

Die Methodik zur Bedarfsermittlung beruht im Wesentlichen auf Sejkora et al. [2]. Mithilfe der Kombination von Daten der NEA und den Beschäftigtenzahlen des Energiemosaiks [16] kann ein spezifischer Bedarf pro Mitarbeiter*in jedes Industriesektors lt. NEA berechnet werden. Dieser wird anschließend mit den Beschäftigtenzahlen je Wirtschaftssektor und Gemeinde multipliziert.

Der Bedarf an Strom entspricht dem Energieträger „Elektrische Energie“ lt. NEA. Zur Wärmebedarfsermittlung werden folgende Nutzenergiekategorien berücksichtigt:

- Raumklima und Warmwasser
- Prozesswärme < 200 °C (Dampferzeugung)
- Prozesswärme > 200 °C (Industrieöfen)

Da elektrische Energie auch zu Wärme umgewandelt werden kann, wird die entsprechende Energiemenge sowohl im Strom- als auch im Wärmebedarf abgebildet. Dieser Anteil wird daher dementsprechend ausgewiesen.

Die verwendete Methodik zur Bedarfsermittlung des Sektors Wohnen ist analog zu jener der Sektoren Industrie & Gewerbe. Zur Berechnung des spezifischen Bedarfs wurden im Sektor Wohnen allerdings Daten zum Bevölkerungsstand [16] anstatt der Beschäftigtenzahlen je Sektor zur Berechnung der spezifischen Kennzahlen verwendet. Anzumerken ist hierbei, dass die Nutzenergiekategorie Warmwasser und Kochen im Sektor Wohnen in der NEA als Nutzenergiekategorie Prozesswärme > 200 °C geführt wird.

Um den Strombedarf im Bereich Mobilität zu ermitteln werden Informationen zur E-Mobilität (insb. PKW-Dichte je Bezirk) [17]. & Anteil Elektrofahrzeuge je Bundesland [18]) verwendet. Im Mikrozensus 2019/2020 zum Energieeinsatz der Haushalte – Fahrleistungen und Treibstoff-, Gas- und Strombedarf privater PKW wird zudem der mittlere, jährliche Bedarf von elektrischem Strom von 1531 kWh je PKW [19] angegeben (Erst- sowie Zweit- und weitere PKW berücksichtigt). Basierend auf diesen Angaben sowie dem Bevölkerungsstand kann der Strombedarf der E-Mobilität näherungsweise berechnet werden.

Für den Sektor Mobilität ist eine Ermittlung des Heizwärmebedarfs obsolet.

2.3 AEE – Aktuelle erneuerbare Energieerzeugung

Durch Einbindung von Stakeholdern sowie weiteren Quellen wird in einem dritten Schritt die derzeitige Erzeugung von Energie aus erneuerbaren Quellen im Gemeindegebiet erhoben. Dieser Schritt findet nicht automatisiert, sondern in enger Abstimmung mit den Kommunen statt. Zuerst werden relevante Stakeholder ermittelt, welche in einem weiteren Schritt im Zuge von Interviews zu ihrer Energieerzeugung befragt werden.

2.4 Bilanzierung Strom & Wärme

In einem abschließenden Schritt werden die technischen erneuerbaren Potenziale an Strom und Wärme, die Energiebedarfe der Sektoren Industrie & Gewerbe, Wohnen und Mobilität sowie die erhobenen Daten zur aktuellen erneuerbaren Energieerzeugung im Gemeindegebiet gegenübergestellt. Auf diese Weise werden drei Kennzahlen ermittelt und grafisch ansprechend gegenübergestellt:

- Eigenversorgungsgrad durch erneuerbare Erzeugung aufgelöst nach Energieträgern
- maximal möglicher Eigenversorgungsgrad durch erneuerbare Erzeugung aufgelöst nach Energieträgern
- aktueller Ausbaugrad erneuerbarer Erzeugung.

3 Ergebnisse & Ausblick

In einer ersten Fallstudie wurde das Tool E²GEM zur Analyse einer steirischen Industriestadt mit ca. 15.000 Einwohner*innen eingesetzt. Die untersuchte Stadt weist besonders vielversprechende freie Potenziale im Bereich der industriellen Abwärme auf. Der aktuelle Ausbaugrad erneuerbarer Energie ist vor allem bei Solarenergie noch gering. Potenziale aus Windenergie sind zur Gänze ungenutzt. Aufgrund energieintensiver Industrien am Standort ist eine vollständige Bedarfsdeckung aller betrachteten Wirtschaftssektoren mit Erneuerbaren nicht möglich.

Maßgeblich beeinflusst werden die Untersuchungsergebnisse vor allem von der Vielzahl an Datenquellen und deren unterschiedlichen Zeitständen. Nicht immer sind alle benötigten Daten für denselben Zeitstand bzw. auf derselben Ebene (z.B. Bundesebene, Landesebene, Gemeindeebene) vorhanden, weshalb eine Kombination verschiedener Datensätze nötig ist.

Die Ergebnisse der Analysen mit E²GEM sollen vor allem als Grundlage zur Bewertung des Beitrages einer Gemeinde zur Energiewende dienen. Erkenntnisse über der derzeitigen Ausbaugrad ermöglichen beispielweise den Anstoß konkreter Projekte zum Ausbau erneuerbarer Energien im Gemeindegebiet. Erhebungen dieser Art ermöglichen den Kommunen dementsprechend konkrete Schwerpunkte in ihrer Energieraumplanung zu setzen. Hier sind beispielsweise Untersuchungen zu konkreten Standortfragen von Erzeugungsanlagen erneuerbarer Energieformen denkbar. Zudem können basierend auf den Erhebungen auch aktiv Änderungsprozesse bei großen Energieverbrauchern angestoßen werden.

Der derzeitige Entwicklungsstand von E²GEM ermöglicht vollständige Energieanalysen für das Bundesland Steiermark. Für die restlichen Bundesländer wird die Bilanzierung im Bereich Abwärme voraussichtlich mit Q1/2021 verfügbar. Das Tool E²GEM wird überdies hinaus durch Datenaktualisierungen laufend weiterentwickelt. Zusätzlich ist die Abbildung weiterer Wirtschaftssektoren (Landwirtschaft und Dienstleistungen) in Planung. Weitere Infos und Updates sind auf der Homepage des Lehrstuhls für Energieverbundtechnik zu finden.

Referenzen

- [1] BUNDESMINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, ENERGIE, MOBILITÄT, INNOVATION UND TECHNOLOGIE: *Erfolgreiche Einigung bei Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz*. URL https://www.bmk.gv.at/service/presse/gewessler/20210706_eag.html – Überprüfungsdatum 2021-12-01
- [2] SEJKORA, Christoph ; KÜHBERGER, Lisa ; RADNER, Fabian ; TRATTNER, Alexander ; KIENBERGER, Thomas: *Exergy as Criteria for Efficient Energy Systems—A Spatially Resolved Comparison of the Current Exergy Consumption, the Current Useful Exergy Demand and Renewable Exergy Potential*. In: *Energies* 13 (2020), Nr. 4, S. 843
- [3] WINKELMEIER, Hans ; KRENN, Andreas ; ZIMMER, Florian: *Das realisierbare Windpotential Österreichs für 2020 und 2030 : Follow-Up Studie zum Projekt "Windatlas und Windpotentialstudie Österreich"*. Friedburg, 2014
- [4] KRENN, Andreas ; WINKELMEIER, Johann ; TIEFGRABER, Christoph ; CATTIN, René ; MÜLLER, Stefan ; TRUHETZ, Heimo ; BIBERACHER, Markus ; GADOCHA, Sabine: *Windatlas und Windpotentialstudie Österreich : Endbericht*. 2011
- [5] KRENN, Andreas ; BIBERACHER, Markus: *Windkarte von Österreich - mittlere Jahres-Windgeschwindigkeiten*. URL <https://windatlas.at/> – Überprüfungsdatum July 31st, 2019

- [6] PÖYRY AUSTRIA GMBH: *ÖSTERREICHISCHES E-WIRTSCHAFT : Wasserkraftpotenzialstudie Österreich Aktualisierung 2018*. 2018
- [7] OPENSTREETMAP CONTRIBUTORS: *OpenStreetMap*. URL <https://www.openstreetmap.org/about> – Überprüfungsdatum July 30th, 2019
- [8] KREUZER, Bernadette: *Der Solardachkataster der Steiermark : Ein Kooperationsprojekt der Abteilung 15 und des GIS Steiermark*. 2016
- [9] SEJKORA, Christoph ; KÜHBERGER, Lisa ; RADNER, Fabian ; TRATTNER, Alexander ; KIENBERGER, Thomas: *Exergy as Criteria for Efficient Energy Systems – Maximising Energy Efficiency from Resource to Energy Service, an Austrian Case Study*. In: *Energy* 13 (2021), Nr. 4, S. 122173
- [10] ÖSTERREICHISCHER BIOMASSE-VERBAND (Hrsg.): *Basisdaten 2017 Bioenergie*. Wien, 2017
- [11] GRUBER-GLATZL, Wolfgang ; KRAINZ, Rebecca ; FLUCH, Jürgen ; MAUTHNER, Franz ; HAMMER, Andreas ; LACHNER, Elisabeth ; KIENBERGER, Thomas ; HUMMEL, Marcus ; MÜLLER, Andreas: *Öffentlicher Kurzbericht des Projekts Abwärmekataster III Steiermark*. 10.2021
- [12] GRUBER-GLATZL, Wolfgang ; KRAINZ, Rebecca ; FLUCH, Jürgen ; MAUTHNER, Franz ; HAMMER, Andreas ; LACHNER, Elisabeth ; KIENBERGER, Thomas ; HUMMEL, Marcus ; MÜLLER, Andreas: *Interner Endbericht des Projekts Abwärmekataster III Steiermark*. (nicht publizierter Endbericht). 2021
- [13] LEHRSTUHL FÜR ENERGIEVERBUNDTECHNIK: *INXS : Industrial Excess Heat – Erhebung industrieller Abwärmepotentiale in Österreich*. URL <https://evt-unileoben.at/de/forschung/inxs> – Überprüfungsdatum 2022-02-08
- [14] AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG: *Solardachkataster Steiermark*. URL <https://www.landesentwicklung.steiermark.at/cms/beitrag/11864478/142970647/> – Überprüfungsdatum 2020-07-03
- [15] STATISTIK AUSTRIA: *Nutzenergiekategorien Steiermark 1993 bis 2019 (Detailinformation)*. URL https://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_NATIVE_FILE&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&dDocName=066284 – Überprüfungsdatum 2021-10-14
- [16] ABART-HERISZT, L. ; ERKER, S. ; REICHEL, S. ; SCHÖNDORFER, H. ; WEINKE, E. ; LANG, S.: *Energiemosaik Austria. Österreichweite Visualisierung von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen auf Gemeindeebene*. URL <https://www.energiemosaik.at/> – Überprüfungsdatum 2022-01-20
- [17] DAS LAND STEIERMARK: *Pkw-Dichte (Jahresende)*. URL https://www.landesentwicklung.steiermark.at/cms/dokumente/12658772_141979459/bb135f01/PKW_Dichte%202020.pdf – Überprüfungsdatum 2021-10-14
- [18] DAS LAND STEIERMARK: *Steiermark PKW-Bestand (Jahresende) nach Kraftstoffarten bzw. Energiequelle*. URL https://www.landesentwicklung.steiermark.at/cms/dokumente/12658772_141979459/c53948a3/PKW-Bestand%20nach%20Kraftstoffarten-Energiequellen%202020.pdf – Überprüfungsdatum 2021-10-14
- [19] STATISTIK AUSTRIA: *Fahrleistungen und Treibstoffeinsatz privater Pkw nach Bundesländer 2000 bis 2020*. URL https://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_NATIVE_FILE&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&dDocName=034835 – Überprüfungsdatum 2021-10-14