

Methodischer Ansatz für eine Regionalisierung der Elektromobilität in Österreich

**Tobias Riedlinger¹, Michael Popp², Markus Zdrallek²,
Clemens Korner³, Paul Zehetbauer³, Barbara Herndler³,
Maximilian Ortner⁴, Thomas Wieland⁵, Johannes Ferstl⁶**

¹ Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik, Bergische Universität Wuppertal, Rainer-Gruenter-Str. 21, 42119 Wuppertal, Deutschland, +49 202 439 1909, t.riedlinger@uni-wuppertal.de, <https://www.evt.uni-wuppertal.de>

² Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik, Bergische Universität Wuppertal, Deutschland

³ AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Giefinggasse 4, 1210 Wien, Österreich

⁴ TINETZ – Tiroler Netze GmbH, Bert-Köllenberg-Straße 7, 6065 Thaur, Österreich

⁵ Netz Oberösterreich GmbH, Neubauzeile 99, 4030 Linz, Österreich

⁶ KNG-Kärnten Netz GmbH, Arnulfplatz 2, 9020 Klagenfurt am Wörthersee, Österreich

Kurzfassung: Die österreichischen Stromnetze stehen durch den Rollout der elektrischen Ladeinfrastruktur in Verbindung mit dem zu erwarteten Wachstum der Elektromobilität vor großen Herausforderungen. Um weiterhin einen zulässigen Betrieb der Netze in den nächsten Jahren zu gewährleisten, müssen Abschätzungen für die Verteilung der Elektromobilität vorgenommen werden, um den zukünftig notwendigen Netzausbaubedarf zu bestimmen. Dafür wurde eine Regionalisierungsmethodik mit Top-Down-Ansatz entwickelt, die die Verteilung der Elektromobilität über verschiedene Ebenen bestimmt und die Elektrofahrzeuge in Kategorien klassifiziert. Für die Verteilung werden sozioökonomische und soziodemografische Daten mit verschiedenen Gewichtungen genutzt. Aufbauend auf diesen Verteilungen wird die Elektromobilität für ganz Österreich – auf Rasterbasis – verteilt, um entsprechende Ladeinfrastrukturpositionen und Lastannahmen für die strategische Zielnetzplanung der Stromnetze abzuleiten.

Keywords: Regionalisierung, Elektromobilität, Verteilung, Netzplanung, Ladeinfrastruktur

1 Einleitung

Das im Juli 2021 verabschiedete „Fit für 55“-Paket der Europäischen Union hat das Ziel einen gerechten, wettbewerbsorientierten und ökologischen Wandel zu erreichen. Dies betrifft die Bereiche Verkehr, Energie und Kraftstoffe, Gebäude, Klima, Landnutzung sowie Forstwirtschaft [1]. Im Bereich Verkehr können die fossilen Brennstoffe als die wesentlichen Emissions- und Verschmutzungsquellen identifiziert werden. Die Dekarbonisierung steht in diesem Bereich noch am Anfang, obwohl reichlich Reduktionspotential vorhanden ist. Um diese Potenziale auszuschöpfen, werden Grünstrom und Wasserstoff als zukünftige Kraftstoffe forciert. Dabei muss besonders für das Voranschreiten der Elektromobilität die elektrische Ladeinfrastruktur berücksichtigt werden. Durch die „Verordnung über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe“ [2] wird dies in Zukunft auch für die Abdeckung ländlicher und abgelegener Gebiete sichergestellt. Dieser flächendeckende Rollout der elektrischen Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität zieht jedoch höhere Belastungen und

Auswirkungen für die Stromnetze, insbesondere in den ländlichen und abgelegenen Gebieten nach sich. Um diese Auswirkungen frühzeitig zu erkennen, wird in diesem Beitrag ein methodischer Ansatz für eine Top-Down-Regionalisierung der zukünftigen Elektromobilitätsverteilung vorgestellt. Auf Basis dieser zukünftigen Verteilung elektrischer Kraftfahrzeuge werden im Projekt 567 Simulationsrechnungen durchgeführt, um den flächenwirksamen Einsatz netztechnischer Ertüchtigungsmaßnahmen in den Stromnetzen (Netzebene 5,6 und 7) zu bewerten und den zukünftigen Netzausbaubedarf zu erheben.

2 Methode

Die in diesem Paper vorgestellte Methode verfolgt ein Top-Down-Vorgehen. Dafür wurden verschiedene Ansätze wie in [3] untersucht und die im Folgenden dargestellte Systematik hergeleitet. Als Grundlage werden die in Tabelle 1 dargestellten Szenarien („Sustainable Development Scenario“ (SDS), „Stated Policies Scenario“ (STEPS)) aus [4] für die Republik Österreich gewählt und bis 2050 weiterentwickelt. Dieses Entwicklungsszenario orientiert sich an dem prognostizierten Bevölkerungswachstum aus [5] und dem damit korrelierenden Kraftfahrzeugbestand. Zusätzlich werden sozioökonomische und soziodemografische Daten zur Herleitung der elektrischen Kraftfahrzeuge genutzt. Die Szenarien werden schrittweise von allgemeinen, umfassenden Strukturen in immer detailliertere und kleinere Betrachtungsgebiete unterteilt. Hierfür werden vier Betrachtungsebenen, wie in Abbildung 1 zu sehen, gewählt, für die jeweils eine Verteilung der Elektromobilität erfolgt.

Tabelle 1: Anzahl an Elektrofahrzeugen für die Republik Österreich

Szenario	2025	2030	2035	2040	2045	2050
SDS	334.260	1.183.310	2.994.399	4.774.595	5.639.524	5.952.832
STEPS	243.436	689.645	1.625.280	2.862.561	3.808.222	4.286.772

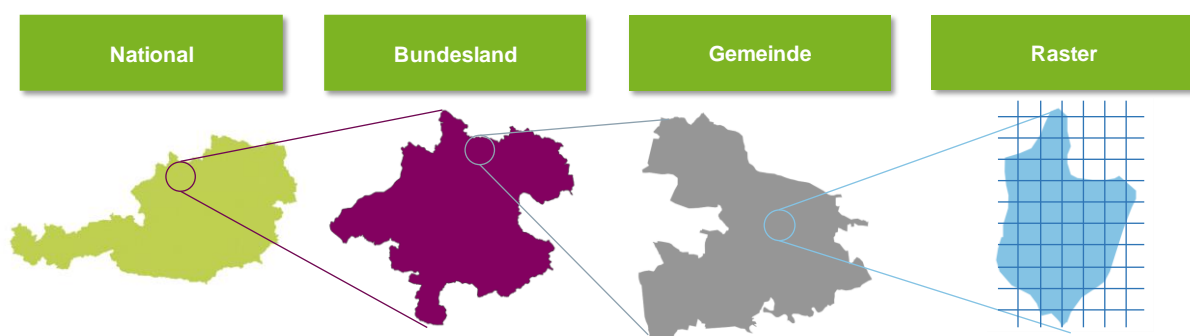


Abbildung 1: Top-Down Methode der Regionalisierung für die Elektromobilität

Die österreichweiten Zahlen für die Elektromobilität aus Tabelle 1 werden im ersten Schritt anhand verschiedener Einflussfaktoren auf die neun Bundesländer verteilt. Im zweiten Schritt werden diese regionalisierten Bundeslandwerte auf die Gemeinden verteilt. Hier kommen weitere Einflussfaktoren zur Geltung. Auf Gemeindeebene findet anschließend eine Unterteilung der Elektromobilität in drei Kategorien statt. Es wird zwischen privaten Elektrofahrzeugen, Elektrofahrzeugen mit gewerblicher Nutzung und Einpendler-

Elektrofahrzeugen unterschieden. Letztere sind Elektrofahrzeuge von Berufseinpender, die ihren Hauptwohnsitz nicht in der jeweiligen Gemeinde haben, sondern aus beruflichen Gründen in die Gemeinde pendeln. Nach der Unterteilung der Elektrofahrzeuge in die drei genannten Kategorien erfolgt die letzte Regionalisierungsstufe. Hierzu werden die Gemeindewerte anhand von Rasterdaten auf ein Raster mit einer Auflösung von 250x250m verteilt. Als Ergebnis werden die Anzahl an privaten, gewerblichen und Einpendler-Elektrofahrzeugen je Raster errechnet. Dieses Verfahren wird für jedes Stützjahr angewendet. Dabei ist zu beachten, dass die Gewichtungsfaktoren der verschiedenen Einflussfaktoren sich je Stützjahr ändern können. Dies ist auf einen unterschiedlich starken Einfluss der Faktoren zurückzuführen, und von der bereits vorhandenen Durchdringung der Elektromobilität abhängig.

3 Regionalisierung auf Bundeslandebene

Im ersten Regionalisierungsschritt erfolgt die Unterteilung der Elektrofahrzeuge auf die verschiedenen Bundesländer. Hierfür wird ein pro Bundesland und pro Betrachtungsjahr spezifischer Verteilungsfaktor hergeleitet, der sich aus gewichteten Einflussfaktoren zusammensetzt. Dazu wird Formel (1) genutzt.

$$\begin{aligned} \text{Verteilungsfaktor}_{\text{Bundesland}} = \text{Szenarienwert}_{\text{Österreich}} \cdot (& a \cdot F_{\text{Bevölkerung}_{\text{Bundesland}}} \\ & + b \cdot F_{\text{EPKW}_{\text{Bundesland}}} \\ & + c \cdot F_{\text{Motorisierungsgrad}} \\ & + d \cdot F_{\text{PKW}_{\text{Bundesland}}} \\ & + e \cdot F_{\text{Gebäude}_{\text{Bundesland}}}) \end{aligned} \quad (1)$$

Es werden fünf verschiedene Einflussfaktoren (F) verwendet, die jeweils mit einer Gewichtung (a bis e) versehen sind. Die Gewichtungen ändern sich in den Betrachtungsjahren, da davon auszugehen ist, dass sich die Bedeutung der verschiedenen Einflussfaktoren mit der Zeit ändert. Als Beispiel kann hier der Einflussfaktor $F_{\text{PKW}_{\text{Bundesland}}}$ aufgezeigt werden. Dieser spiegelt die Anzahl der Kraftfahrzeuge wider. Es ist davon auszugehen, dass die Bedeutung dieses Faktors erst ab einer gewissen Elektrofahrzeugdurchdringung an Relevanz gewinnt. Deswegen ist die Gewichtung zu Beginn schwach ausgeprägt und steigt in den Betrachtungsjahren an.

Der Einflussfaktor $F_{\text{Bevölkerung}_{\text{Bundesland}}}$ stellt die Auswirkung der heutigen und zukünftigen Bevölkerungsverteilung dar. Dafür wird, wie in Formel (2) zu sehen, das Verhältnis der Bevölkerung des Bundeslandes und der Gesamtbevölkerung Österreichs gebildet.

$$F_{\text{Bevölkerung}_{\text{Bundesland}}} = \frac{\text{Bevölkerung}_{\text{Bundesland}}}{\text{Bevölkerung}_{\text{Österreich}}} \quad (2)$$

Als Bevölkerungsszenario wird das Hauptszenario der „Bevölkerung zum Jahresanfang 1952 bis 2101“ [5] gewählt. Dieses spiegelt mit einer mittleren Fertilitätsrate, mittleren Lebenserwartung und mittleren Zuwanderung eine wahrscheinliche Entwicklungsprognose wider.

Der Einflussfaktor $F_{EPKW_{Bundesland}}$ beschreibt die aktuelle Verteilung der Elektrofahrzeuge in den verschiedenen Bundesländern. Dazu wird in Formel (3) das Verhältnis der jeweiligen Anzahl der gemeldeten Elektrofahrzeuge je Bundesland [6] und der Gesamtanzahl an Elektrofahrzeugen auf Basis des Bestands im Jahr 2020 gebildet. Mit Berücksichtigung der aktuellen Verteilung können indirekt Einflussfaktoren wie der Stand der aktuellen elektrischen Ladeinfrastruktur und Förderprogramme der Bundesländer abgebildet werden.

$$F_{EPKW_{Bundesland}} = \frac{EPKW_{Bundesland}}{EPKW_{\text{Österreich}}} \quad (3)$$

Der Einflussfaktor $F_{Motorisierung}$ repräsentiert den Motorisierungsgrad. Der Motorisierungsgrad stellt eine Kennzahl dar, die das Verhältnis zwischen der Anzahl der Kraftfahrzeuge und der Anzahl der Einwohner in einem bestimmten Gebiet repräsentiert. In Formel (4) wird zur Berechnung des Einflussfaktors das Verhältnis der motorisierten Bevölkerung (MB) je Bundesland und der motorisierten Bevölkerung in Österreich gebildet.

$$F_{Motorisierung} = \frac{MB_{Bundesland}}{MB_{\text{Österreich}}} \quad (4)$$

Bei der Berechnung der motorisierten Bevölkerung werden drei Altersgruppen berücksichtigt. Diese bestehen aus Personen im Alter von 18 bis 34 Jahren, 35 bis 64 Jahren und über 64 Jahren. Es wird zum einen die Bevölkerungsentwicklung in den drei Altersgruppen [5] als auch die spezifische Motorisierungsgrad und die Veränderung in der Zukunft je Altersgruppe [7] berücksichtigt. Somit ergibt sich Formel (5) zur Berechnung des MB je Bundesland.

$$MB_{Bundesland} = \sum Motorisierungsgrad_{Altersgruppe_i} \cdot Altersgruppe_{Bundesland_i} \quad (5)$$

Der Einflussfaktor $F_{PKW_{Bundesland}}$ wird in Formel (6) über das Verhältnis des aktuellen Bestands der Kraftfahrzeuge je Bundesland [6] und des aktuellen Bestands der Kraftfahrzeuge in Österreich errechnet. Dieser spiegelt somit die Verteilung der Kraftfahrzeuge innerhalb von Österreich wider und hat insbesondere ab einer gewissen Elektrofahrzeugdurchdringung einen erhöhten Einfluss auf die Verteilung der Elektrofahrzeuge.

$$F_{PKW_{Bundesland}} = \frac{PKW_{Bundesland}}{PKW_{\text{Österreich}}} \quad (6)$$

Im Einflussfaktor $F_{Gebäude_{Bundesland}}$ wird in Formel (7) das Verhältnis von Wohngebäuden mit ein und zwei Wohnungen je Bundesland [8] und Wohngebäuden mit ein und zwei Wohnungen in Österreich gebildet. Es wird dabei angenommen, dass es wahrscheinlicher ist, dass sich Bewohner von Wohngebäuden mit ein und zwei Wohnungen ein Elektrofahrzeug kaufen bzw. besitzen, da es bei Ihnen in unmittelbarer Nähe zum Haus bzw. auf dem eigenen Grundstück Möglichkeiten zur Installation einer privaten Lademöglichkeit gibt. Außerdem kann davon ausgegangen werden, dass Bewohner von Wohngebäuden mit ein und zwei Wohnungen ein

mittleres bis hohes Einkommen haben und damit die Wahrscheinlichkeit einer Anschaffung eines Elektrofahrzeugs höher ist.

$$F_{\text{Gebäude}_{\text{Bundesland}}} = \frac{\text{Wohngebäude mit ein und zwei Wohnungen}_{\text{Bundesland}}}{\text{Wohngebäude mit ein und zwei Wohnungen}_{\text{Österreich}}} \quad (7)$$

4 Regionalisierung auf Gemeindeebene

Im nächsten Schritt werden die Ergebnisse der Regionalisierung auf Bundeslandebene als Inputparameter für die Regionalisierung auf Gemeindeebene genutzt. Dabei werden in Formel (8) zwei bereits genutzte Einflussfaktoren und zwei neue Einflussfaktoren mit unterschiedlichen Gewichtungen (k bis n) zur Berechnung eines pro Betrachtungsjahr spezifischen Gemeinde-Verteilungsfaktors verwendet.

$$\begin{aligned} EPKW_{\text{Gemeinde}} = EPKW_{\text{Bundesland}} \cdot (& k \cdot F_{\text{Bevölkerung}_{\text{Gemeinde}}} \\ & + l \cdot F_{\text{Bevölkerungsdichte}_{\text{Gemeinde}}} \\ & + m \cdot F_{\text{PKW}_{\text{Gemeinde}}} \\ & + n \cdot F_{\text{Einkommen}_{\text{Gemeinde}}}) \end{aligned} \quad (8)$$

Der Einflussfaktor $F_{\text{Bevölkerung}_{\text{Gemeinde}}}$ wird äquivalent zu dem entsprechenden Verteilungsfaktor in der Regionalisierung auf Bundeslandebene in Kapitel 2.1.1 berechnet. Dazu wird in Formel (9) das Verhältnis der Bevölkerung je Gemeinde [9] und der Bevölkerung je Bundesland gebildet.

$$F_{\text{Bevölkerung}_{\text{Gemeinde}}} = \frac{\text{Bevölkerung}_{\text{Gemeinde}}}{\text{Bevölkerung}_{\text{Bundesland}}} \quad (9)$$

Der Einflussfaktor $F_{\text{Bevölkerungsdichte}_{\text{Gemeinde}}}$ wird in zwei Schritten berechnet. Dazu wird in Formel (10) der Wert $EPKW_{\text{BD}_{\text{Gemeinde}}}$ gebildet. Dieser wird durch den Kehrwert des Verhältnisses der Bevölkerungsdichte der Gemeinde und der Summe aller Bevölkerungsdichten von Gemeinden im entsprechenden Bundesland gebildet. Die Bevölkerungsdichte lässt sich dabei durch das Verhältnis der Bevölkerungsanzahl der Gemeinde [9] und der Gemeindefläche [10] berechnen.

$$EPKW_{\text{BD}_{\text{Gemeinde}}} = \frac{1}{\frac{\text{Bevölkerungsdichte}_{\text{Gemeinde}}}{\sum \text{Bevölkerungsdichte}_{\text{Gemeinde}_{\text{Bundesland}}}}} \quad (10)$$

Durch den Kehrwert entsteht eine negative Korrelation zur Bevölkerungsdichte. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei einer höheren Besiedelung des Gebiets ungünstigere Voraussetzungen für die Elektromobilität vorhanden sind. Bei einer hohen Bevölkerungsdichte kann z. B. angenommen werden, dass nicht jede Person einen eigenen Stellplatz hat, wodurch kein privates Laden möglich ist und somit die Anschaffung eines Elektrofahrzeugs negativ beeinflusst wird.

Im zweiten Schritt wird dieser Wert in einen Faktor umgewandelt. Dazu wird er in Formel (11) in Verhältnis mit der Summe aller Gemeindegewerte des Bundeslandes gesetzt.

$$F_{\text{Bevölkerungsdichte}_{\text{Gemeinde}}} = \frac{EPKW_BD_{\text{Gemeinde}}}{\sum EPKW_BD_{\text{Gemeinde}_{\text{Bundesland}}}} \quad (11)$$

Der Einflussfaktor $F_{PKW_{\text{Gemeinde}}}$ wird in Formel (12) [6] ebenso äquivalent zum Vorgehen in der Regionalisierung auf Bundeslandebene berechnet. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Verteilung der Elektrofahrzeuge innerhalb eines Bundeslandes ähnlich wie die Verteilung des Kraftfahrzeugbestands erfolgt.

$$F_{PKW_{\text{Gemeinde}}} = \frac{\text{Kraftfahrzeugbestand}_{\text{Gemeinde}}}{\text{Kraftfahrzeugbestand}_{\text{Bundesland}}} \quad (12)$$

Der Einflussfaktor $F_{\text{Einkommen}_{\text{Gemeinde}}}$ repräsentiert das durchschnittliche Einkommen je Gemeinde [11]. Er wird in Formel (13) aus dem Verhältnis des durchschnittlichen Einkommens der Gemeinde und der Summe der durchschnittlichen Einkommen aller Gemeinden im Bundesland berechnet. Durch diesen Einflussfaktor erhalten Gemeinden mit einem durchschnittlich höheren Einkommen einen größeren Verteilungsfaktor was die Anzahl der zugewiesenen Elektrofahrzeuge erhöht.

$$F_{\text{Einkommen}_{\text{Gemeinde}}} = \frac{\text{Einkommen}_{\text{Gemeinde}}}{\sum \text{Einkommen}_{\text{Gemeinde}_{\text{Bundesland}}}} \quad (13)$$

In Abbildung 2 ist die Verteilung der Elektrofahrzeuge für das STEPS Szenario im Betrachtungsjahr 2050 links für die Regionalisierung auf Bundeslandebene (Kapitel 3) und rechts exemplarisch für die Regionalisierung auf Gemeindeebene (Kapitel 4) in Oberösterreich dargestellt.

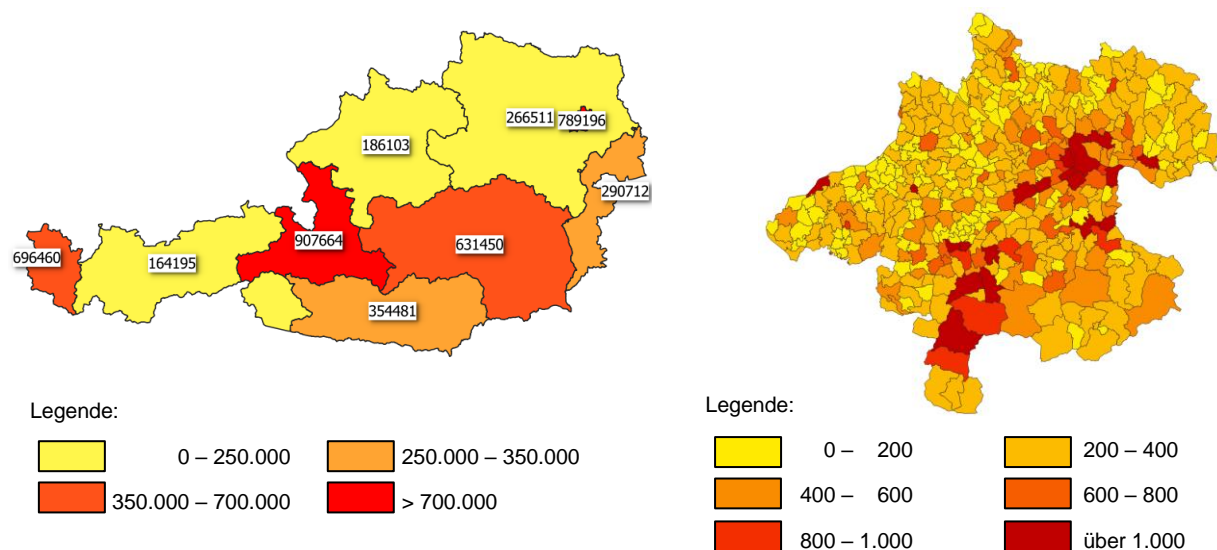


Abbildung 2: Anzahl der Elektrofahrzeuge je Bundesland (links) bzw. Gemeinde im Bundesland Oberösterreich (rechts) für das Jahr 2030

5 Unterteilung der Elektrofahrzeuge auf Gemeindeebene

Nach der Regionalisierung der Anzahl der Elektrofahrzeuge auf Gemeindeebene findet eine Unterteilung in die drei Kategorien private Elektrofahrzeuge, Elektrofahrzeuge mit gewerblicher Nutzung und Einpendler-Elektrofahrzeugen statt. Hierbei werden verschiedene gemeindespezifische Kraftfahrzeugzahlen genutzt, um die jeweilige Anzahl an Fahrzeugen für die Elektromobilität zu bestimmen. Die Unterteilung in diese drei Kategorien ist wichtig, da abhängig von der Elektrofahrzeug-Kategorie bestimmte Standorte der elektrischen Ladeinfrastruktur zum Laden in Frage kommen [12].

5.1.1 Unterteilung der Elektrofahrzeuge in private und gewerbliche Nutzung

Die Anzahl der Elektrofahrzeuge mit gewerblicher Nutzung errechnet sich aus der Multiplikation des regionalisierten Elektrofahrzeugwertes $EPKW_{Gemeinde}$ je Gemeinde und dem Faktor F_G in Formel (15). Dieser stellt das Verhältnis des Kraftfahrzeugbestands mit gewerblicher Nutzung je Gemeinde [13] und des Kraftfahrzeugbestands je Gemeinde [6] dar und wird mit Formel (14) berechnet. Es wird davon ausgegangen, dass sich in Zukunft die Verteilung der gewerblichen Elektrofahrzeuge ähnlich der heutigen Verteilung verhält.

$$F_G = \frac{\text{Kraftfahrzeugbestand}_{Gemeinde_{Gewerbe}}}{\text{Kraftfahrzeugbestand}_{Gemeinde}} \quad (14)$$

$$EPKW_{Gemeinde_{Gewerbe}} = EPKW_{Gemeinde} \cdot F_G \quad (15)$$

Nach der Bestimmung der Elektrofahrzeuge mit gewerblicher Nutzung kann mit Formel (16) die Anzahl der privaten Elektrofahrzeuge bestimmt werden. Dazu werden die gewerblichen Elektrofahrzeuge von der Gesamtanzahl der Elektrofahrzeuge je Gemeinde subtrahiert.

$$EPKW_{Gemeinde_{privat}} = EPKW_{Gemeinde} - EPKW_{Gemeinde_{Gewerbe}} \quad (16)$$

5.1.2 Bestimmung Anzahl Berufseinpendler-Elektrofahrzeuge

Bei Elektrofahrzeugen von Berufseinpendler handelt es sich sowohl um gewerbliche als auch private Elektrofahrzeuge. Die Besitzer dieser wohnen jedoch nicht in der Gemeinde ihres Arbeitsplatzes, sondern pendeln aus beruflichen Gründen in diese. Dadurch kommen zusätzliche Elektrofahrzeuge in die Gemeinde und werden dort gegebenenfalls geladen. Um die Anzahl der Berufseinpendler Fahrzeuge zu bestimmen, wird in Formel (18) der Faktor F_E mit dem regionalisierten Elektrofahrzeugwert $EPKW_{Gemeinde}$ multipliziert. Der Faktor F_E berechnet sich in Formel (17) aus dem Verhältnis der Berufseinpendler der Gemeinde [14] und dem Kraftfahrzeugbestand der Gemeinde.

$$F_E = \frac{\text{Berufseinpendler}_{Gemeinde}}{\text{Kraftfahrzeugbestand}_{Gemeinde}} \quad (17)$$

$$EPKW_{Gemeinde_{Einpendler}} = EPKW_{Gemeinde} \cdot F_E \quad (18)$$

Das Ergebnis der Unterteilung der Elektrofahrzeuge in die drei Kategorien private Elektrofahrzeuge, Elektrofahrzeuge mit gewerblicher Nutzung und Einpendler-Elektrofahrzeuge je Gemeinde kann exemplarisch aus Abbildung 3 entnommen werden.

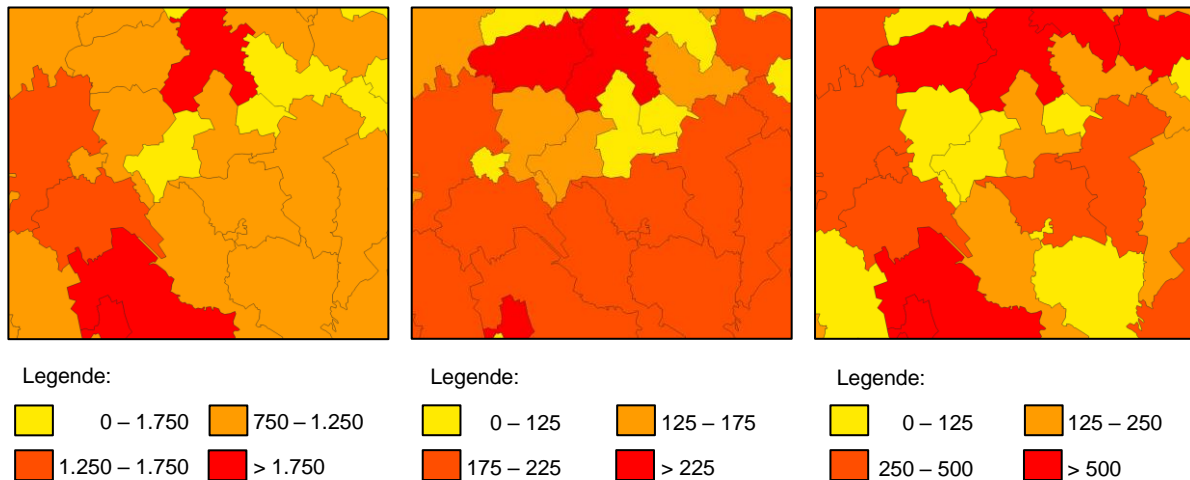


Abbildung 3: Anzahl der Elektrofahrzeuge (links: Privat, mittig: Gewerbe, rechts: Einpendler) im Regionalisierungsschritt Gemeinde

6 Regionalisierung auf 250x250m Raster

Nach der Unterteilung der Elektrofahrzeuge in die drei Kategorien Privat, Gewerbe und Einpendler findet eine weitere Regionalisierung auf Raster mit Auflösungen von 250x250 m, auf Basis von Gebäudestrukturen, statt. Als Gebäudestrukturen werden die Arten der Gebäude verwendet. So handelt es sich bei Wohngebäuden um Gebäude mit 100 % Wohnnutzung. Unter Mischgebäude werden Gebäude mit > 50 % Wohnnutzung verstanden und alle restlichen Gebäude werden als Nichtwohngebäude bezeichnet. Dies erfolgt um eine möglichst genaue Auflösung der Verteilung der Elektrofahrzeuge zu erhalten. Aus dieser Verteilung der Elektrofahrzeuge können dann die Anzahl sowie Arten von Ladepunkten – was jedoch kein Inhalt des Papers ist – abgeleitet werden und in der Zielnetzplanung von Stromnetzen verwendet werden [12].

Die Verteilung der Elektrofahrzeuge je Gemeinde auf die Rasterebene findet anhand der für die jeweilige Elektrofahrzeug-Kategorie relevanten Gebäude statt. Es wird davon ausgegangen, dass beim Kauf eines Elektrofahrzeugs für die private Nutzung auch eine private Lademöglichkeit angeschafft wird. Deswegen werden in Formel (19) zur Berechnung des Verteilungsfaktors der privaten Elektrofahrzeuge und in Formel (20) je Raster die gewichteten Verhältnisse (o bis p) der Wohngebäude und Mischgebäude je Raster [15] zur Anzahl der Wohngebäude und Mischgebäude in der Gemeinde und der Haushalte je Raster [16] zur Anzahl der Haushalte in der Gemeinde addiert.

Die Verteilung der gewerblich genutzten Elektrofahrzeuge erfolgt in Formel (21) anhand des Verhältnisses der Wohngebäude, Mischgebäude und Nichtwohngebäude je Raster zur Anzahl der Wohngebäude, Mischgebäude und Nichtwohngebäude der Gemeinde. Es wird angenommen, dass gewerblich genutzte Elektrofahrzeuge sowohl zuhause privat als auch auf

der Arbeit geladen werden, deswegen findet die Verteilung anhand aller drei Gebäudekategorien statt. Mit Formel (22) wird dann die genaue Anzahl errechnet.

Da es sich bei den Besitzern von Einpendler-Elektrofahrzeugen um Personen handelt, die von einer anderen Gemeinde in die Gemeinde aufgrund der Arbeit pendeln, erfolgt eine Verteilung lediglich anhand von Gebäuden die als Arbeitsstellen in Frage kommen. Deswegen wird in Formel (23) das Verhältnis von Mischgebäude und Nichtwohngebäude je Raster zur Anzahl der Mischgebäude und Nichtwohngebäude der Gemeinde zur Verteilung der Einpendler Elektrofahrzeuge gebildet. Formel (24) zeigt das Vorgehen zur Berechnung der Anzahl.

$$VF_PEPKW_{Raster} = o \cdot \frac{Wohngeb_{Raster} + Mischgeb_{Raster}}{Wohngeb_{Gemeinde} + Mischgeb_{Gemeinde}} + p \cdot \frac{Haushalte_{Raster}}{Haushalte_{Gemeinde}} \quad (19)$$

$$EPKW_{Raster_{privat}} = EPKW_{Gemeinde_{privat}} \cdot VF_PEPKW_{Raster} \quad (20)$$

$$VF_GEPKW_{Raster} = \frac{Wohngeb_{Raster} + Mischgeb_{Raster} + Nichtwohngeb_{Raster}}{Wohngeb_{Gemeinde} + Mischgeb_{Gemeinde} + Nichtwohngeb_{Gemeinde}} \quad (21)$$

$$EPKW_{Raster_{Gewerbe}} = EPKW_{Gemeinde_{Gewerbe}} \cdot VF_GEPKW_{Raster} \quad (22)$$

$$VF_Eepkw_{Raster} = \frac{Mischgeb_{Raster} + Nichtwohngeb_{Raster}}{Mischgeb_{Gemeinde} + Nichtwohngeb_{Gemeinde}} \quad (23)$$

$$EPKW_{Raster_{Einpendler}} = EPKW_{Gemeinde_{Einpendler}} \cdot VF_Eepkw_{Raster} \quad (24)$$

Abschließend zeigt Abbildung 4 exemplarisch die Verteilung der Elektrofahrzeuge unterteilt in die Kategorien in einem Raster sowie die jeweiligen Haushalts- bzw. Gebäudeinformationen.

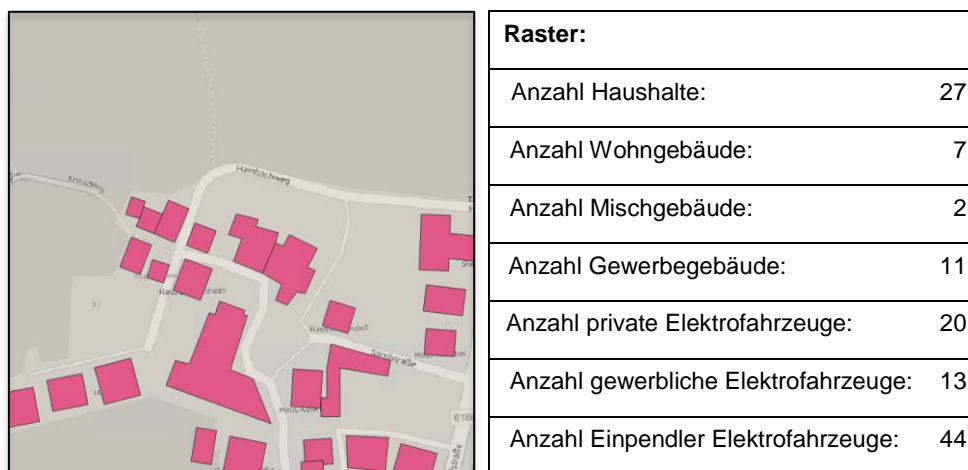


Abbildung 4: Anzahl der Elektrofahrzeuge nach der Regionalisierung auf Rasterebene

7 Fazit und Ausblick

Die vorgestellte Methodik erlaubt eine Verteilung der Elektrofahrzeuge von landesweiten Szenarienwerten bis auf 250x250 m Raster für ganz Österreich. Dabei werden verschiedene Regionalisierungsschritte unter der Nutzung einer Vielzahl von sozioökonomischen und

soziodemografischen Daten durchlaufen. Außerdem erfolgt eine Unterteilung der Elektrofahrzeuge in die drei Kategorien Privat, Gewerbe und Einpendler. Auf Basis dieser Elektromobilitätsverteilung kann die daraus resultierende elektrische Ladeinfrastruktur mit zugehörigen Lastannahmen abgeleitet werden. Basierend darauf können Simulationsrechnungen für die strategische Netzplanung durchgeführt werden, um die Flächenwirksamkeit unterschiedlicher netztechnischer Ertüchtigungsmaßnahmen in den Stromnetzen zu bewerten und den zukünftigen Netzausbaubedarf zu erheben.

8 Förderung

Die Veröffentlichung entstand im Rahmen des Projekt 567 – „Methoden und Zukunftsszenarien für die strategische Netzentwicklung in den Verteilnetzebenen 5, 6 und 7“. Dieses Projekt wird aus Mitteln der FFG gefördert. www.ffg.at

 Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie



9 Referenzen

- [1] Europäische Kommission, „Fit für 55: auf dem Weg zur Klimaneutralität – Umsetzung des EU- Klimaziels für 2030“, Brüssel, 14.07.2021.
- [2] Europäische Kommission, „Verordnung über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe“, Brüssel, 14.07.2021.
- [3] Ministerium für Wirtschaft Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes NRW, „Gutachten zur Weiterentwicklung der Strom-Verteilnetze in Nordrhein-Westfalen auf Grund einer fortschreitenden Sektorenkopplung und neuer Verbraucher“, Düsseldorf, 06.09.2021.
- [4] International Energy Agency, „Global EV Data Explorer“, <https://www.iea.org/articles/global-ev-data-explorer>, abgerufen am 12.11.2021.
- [5] STATcube - Statistische Datenbank von Statistik Austria, „Bevölkerung zum Jahresanfang von 1952 bis 2101“, abgerufen am 05.10.2021.
- [6] STATISTIK AUSTRIA, „Kfz-Bestand 2020“, abgerufen am 05.10.2021.
- [7] Shell Deutschland Oil GmbH, „Shell PKW-Szenarien bis 2040“, 2014.
- [8] STATISTIK AUSTRIA, „Paket Gebäude- und Wohnungsregister ab 2014 – Gemeinden, Politische Bezirke und Bundesländer“, abgerufen am 09.10.2021.
- [9] STATISTIK AUSTRIA, „Statistik des Bevölkerungsstandes – Bevölkerung am 01.01.2021 nach Zählsprengel“, abgerufen am 08.10.2021.
- [10] BEV – Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, „Regionalinformation“, abgerufen am 13.10.2021.
- [11] STATISTIK AUSTRIA, „Sonderauswertung Statistik der integrierten Lohn- und Einkommenssteuer 2018 – Haushaltseinkommen (ohne Transferleistungen) nach Gemeinden“.
- [12] Wintzek, P.; Ali, S.; Monscheidt, J.; Gemsjäger, B.; Slupsinski, A., Zdrallek, M.: „Planungs- und Betriebsgrundsätze für städtische Verteilnetze – Leitfaden zur Ausrichtung der Netze an ihren künftigen Anforderungen“, In: Zdrallek, M. (Hrsg.), Neue Energie aus Wuppertal, Band 35, Wuppertal, 2021.
- [13] STATcube - Statistische Datenbank von Statistik Austria, „Sonderauswertung: Personenkraftwagen Kl. M1, selbstständige Fahrzeughalterinnen und -halter (juristische Personen, Firmen, Gebietskörperschaften, etc.) nach Gemeindenummer“.
- [14] STATISTIK AUSTRIA – Kartographie und GIS, „Anzahl der EinpendlerInnen absolut – Gemeinden“, abgerufen am 30.09.2021.
- [15] STATISTIK AUSTRIA, „Paket Gebäude- und Wohnungsregister - Raster-LAEA 250m“
- [16] STATISTIK AUSTRIA, „Paket Haushalte - Raster-LAEA 250m“