



House of
Energy Markets
& Finance

Market diffusion and regional distribution of electric vehicles – a combined modelling approach

Florian Boehnke, Marco Sebastian Breder, Prof. Dr. Christoph Weber

11.05.2023 Wissenschaftsforum Mobilität - Duisburg

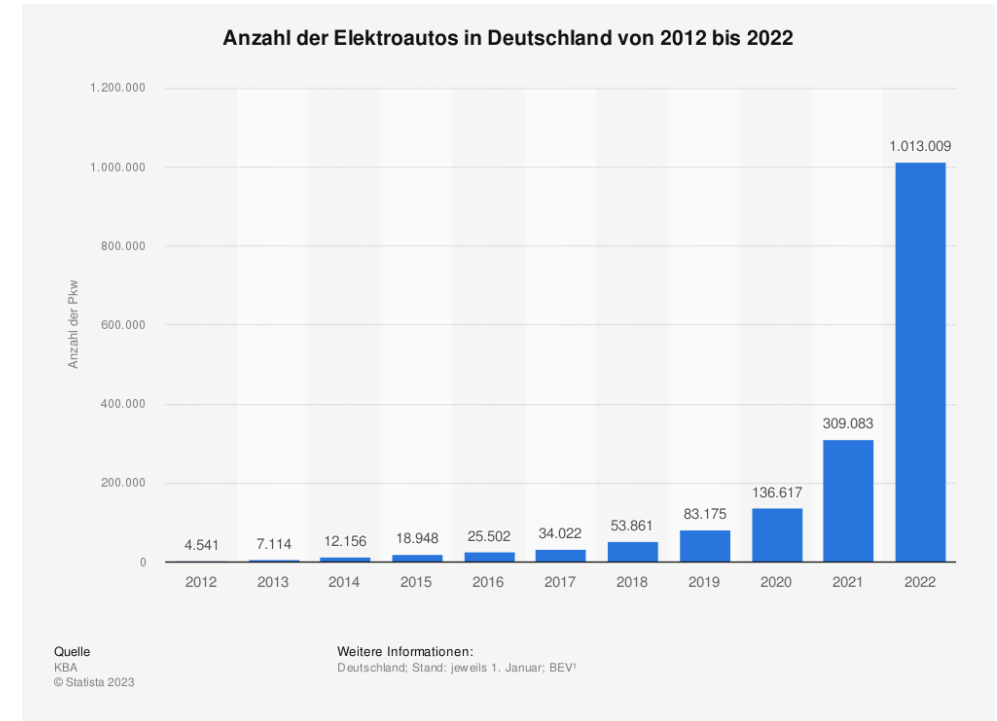
UN | IT | E²

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Open-Minded

Nationale Ziele vs. Lokale Integration

- Wie steht es um den Markthochlauf der Elektromobilität in DE?
 - Hochlauf der Elektromobilität in Deutschland ist bereits in vollem Gange
→ ca. 1 Mio. E-PKW (ohne Plug-in Hybride)
 - Ausgewiesenes Ziel der Bundesregierung sind 15 Millionen E-PKW bis 2030¹
→ +14 Mio. (netto) in ~7 Jahren
 - Starke regionale Unterschiede im Durchdringungsgrad des Bestandes²
→ Größter Fortschritt: LK Wiesbaden (7.83 %) vs. Bundesschnitt (2.07 %)
- Warum ist der regionale Markthochlauf von E-PKW interessant für die Energiewirtschaft?
 - Lokale Veränderung des Energieverbrauchs
 - Gezielte Errichtung und Dimensionierung der Ladeinfrastruktur
 - Flexible Integration von E-PKW in das Energiesystem (marktdienlich, systemdienlich, netzdienlich)



Quellen:

¹ <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/eenergie-und-mobilitaet/nachhaltige-mobilitaet-2044132>

² Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken, 1. Januar 2023 (FZ1), KBA

Wissenschaftliche Betrachtung und Herangehensweisen

- Unterschiedliche Modellierungsansätze beschreiben Markthochlauf i.d.R. auf aggregierter Ebene³
 - Verhaltensökonomie und Entscheidungsmodelle (Reichweite, Leistung, Preis)
 - Agentenbasierte Modelle (TCO)
 - Ökonometrische Modelle (z.B. Diffusion)
- Ausgangspunkt für unsere Arbeit ist ein zweistufiger Modellansatz von Speth et.al (2020) der Regionalitätsaspekte fokussiert⁴
 - (Externes) TCO-Markthochlaufmodell für Vorhersage von E-PKW Verkaufszahlen in Zieljahren
 - Regressionsmodell zur regionalen iterativen Verteilung der E-PKW
- Ansatzpunkte für unsere Forschung:
 - Erweiterung bestehender Literatur zur Analyse des Markthochlaufs und der regionalen Verteilung von E-PKW durch:
 - Berücksichtigung regionaler Markteigenschaften
 - Berücksichtigung von Bestandsverschiebungen durch Abbildung des Gebrauchtwagenmarktes
- Was sind unsere Forschungsfragen?
 - Wie lässt sich der Markthochlauf der Elektromobilität regional (hoch) aufgelöst erklären und für die Zukunft antizipieren?
 - Wie lassen sich die Zusammenhänge zwischen Neuzulassungen und Bestandsdurchdringung regional beschreiben?

Quellen:

³ „What drives the market for plug-in electric vehicles? - A review of international PEV market diffusion models“, 2018, Gnann et. al

⁴ „Future regional distribution of electric vehicles in Germany“, 2020, Speth et. al

I) Markthochlaufmodell „E-PKWs in DE“

Methodische Beschreibung:

- Logistische Funktionsschätzung beschreibt E-PKW-Markthochlauf in DE

Regionale Tiefe:

- Deutschland

Input:

- rel. Marktanteil E-PKW vergangener Jahre
- Schätzung Neuzulassungen (absolut) zukünftiger Jahre

Output:

- Anzahl Neuzulassungen E-PKW in DE pro Jahr

II) Regressionsmodell „Regionale Verteilung E-PKWs“

Methodische Beschreibung:

- Multivariate Regression beschreibt regionale Verteilung der E-PKW

Regionale Tiefe:

- NUTS3, Bundesland

Input:

- Regional aufgelöste Inputdaten für Zieljahr: BIP, Bevölkerung, Beschäftigte, PV-Anlagen,...
- Anzahl Neuzulassungen E-PKW in DE pro Jahr

Output:

- Anzahl E-PKW pro Jahr und Region

III) Gebrauchtwagenmarkt

Methodische Beschreibung:

- Analyse der historischen Entwicklung des regionalen Bestandes nach Altersgruppen

Regionale Tiefe:

- NUTS3, Bundesland

Input:

- Bestandsdaten nach Altersklasse und Region
- Histor. Neuzulassungen

Output:

- Anzahl ein-/ausgehender Gebrauchte-E-PKWs pro Jahr/Region

IV) Regionales Bestandsmodell

Methodische Beschreibung:

- Konstanter regionaler Bestand im Zeitverlauf
- NZ pro Jahr/Region entspricht Summe der Gebrauchtwagenströme/Stilllegungen pro Jahr/Region

Regionale Tiefe:

- NUTS3, Bundesland

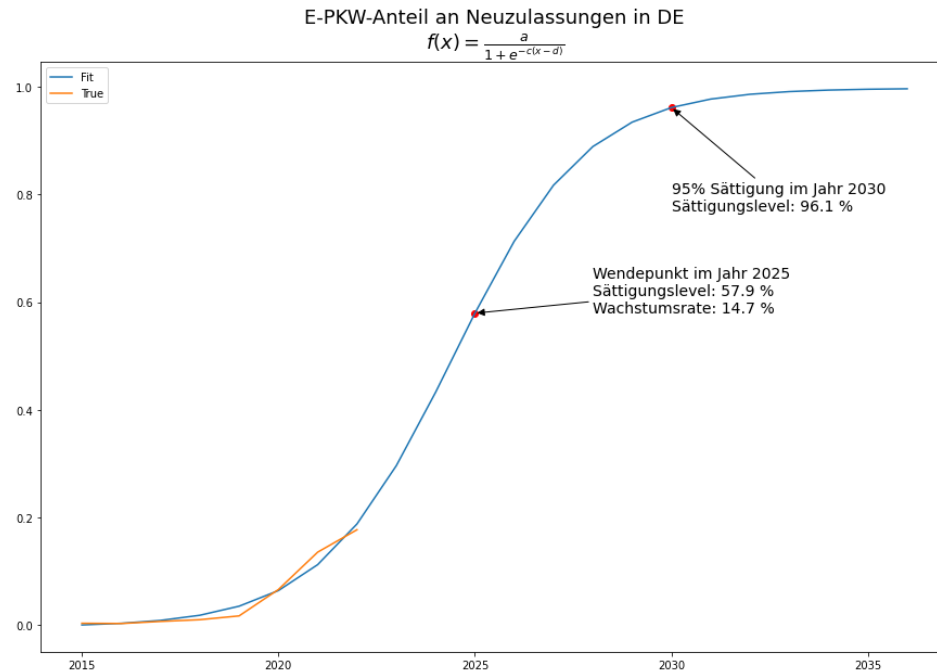
Input:

- Anzahl E-PKW pro Jahr und Region
- Anzahl ein-/ausgehender Gebrauchte-E-PKWs pro Jahr/Region

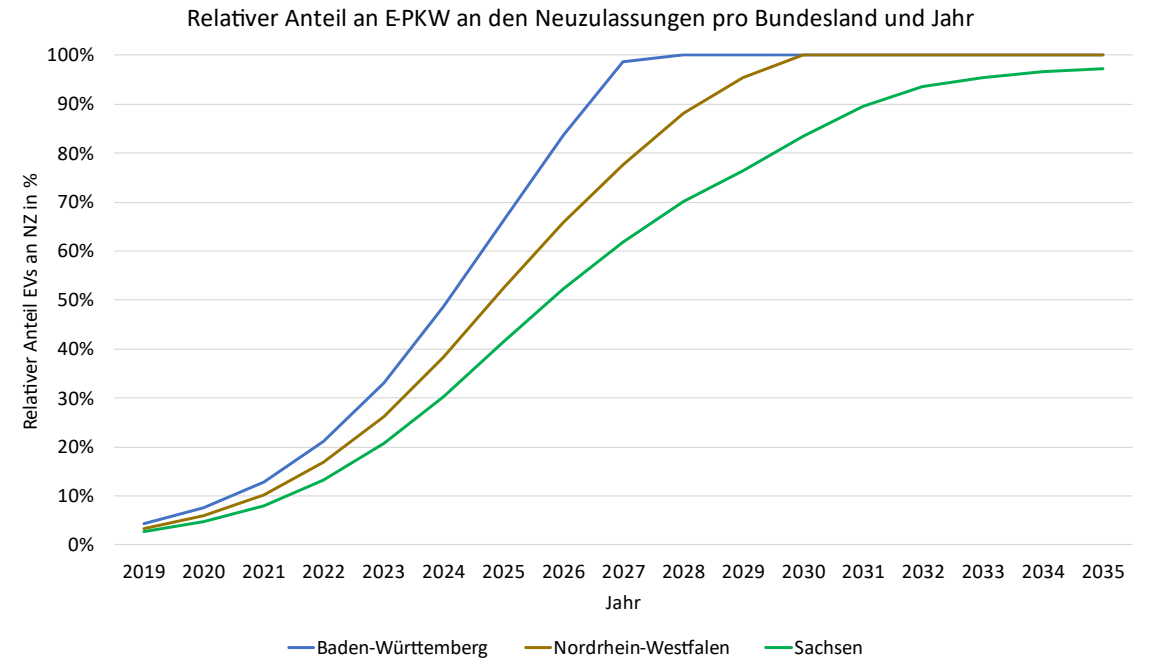
Output :

- Bestand pro Jahr/Region/Antriebsart
- Altersstruktur des Bestandes pro Region

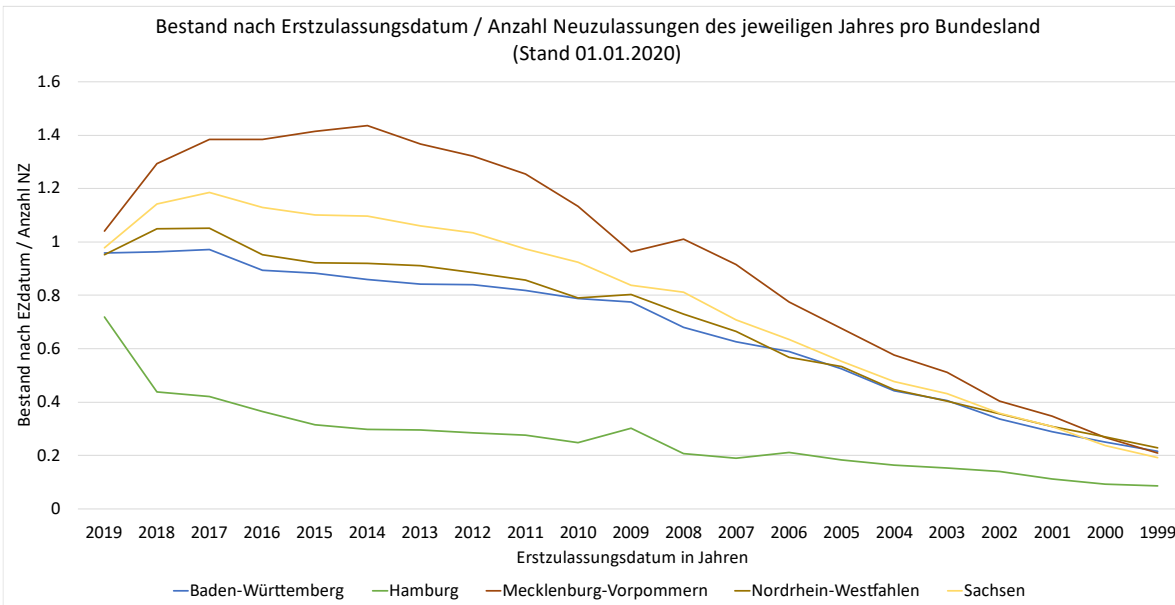
I) Markthochlaufmodell „E-PKW in DE“



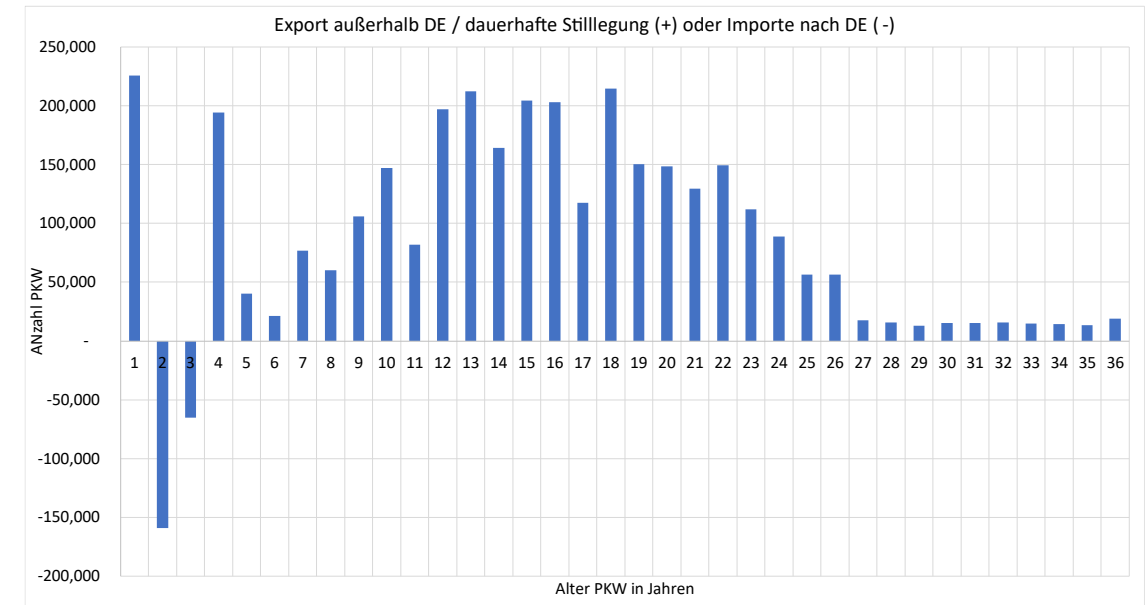
II) Regressionsmodell „Regionale Verteilung E-PKWs“



Analyse Gebrauchtwagenmarkt

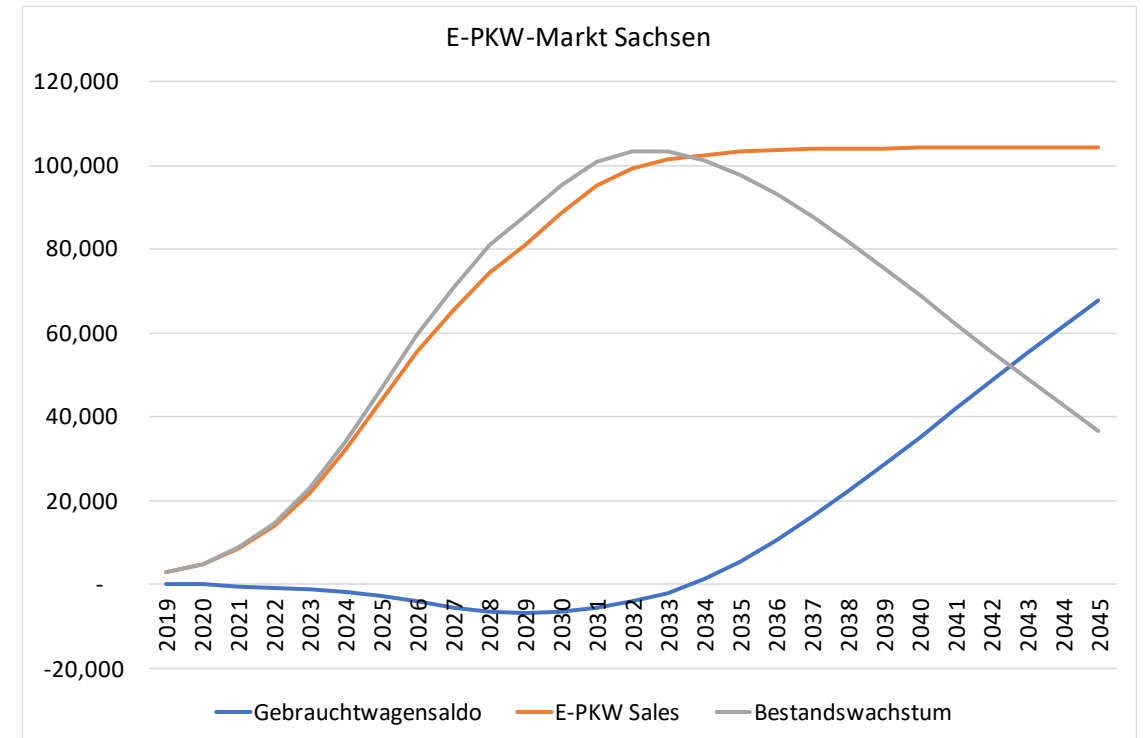
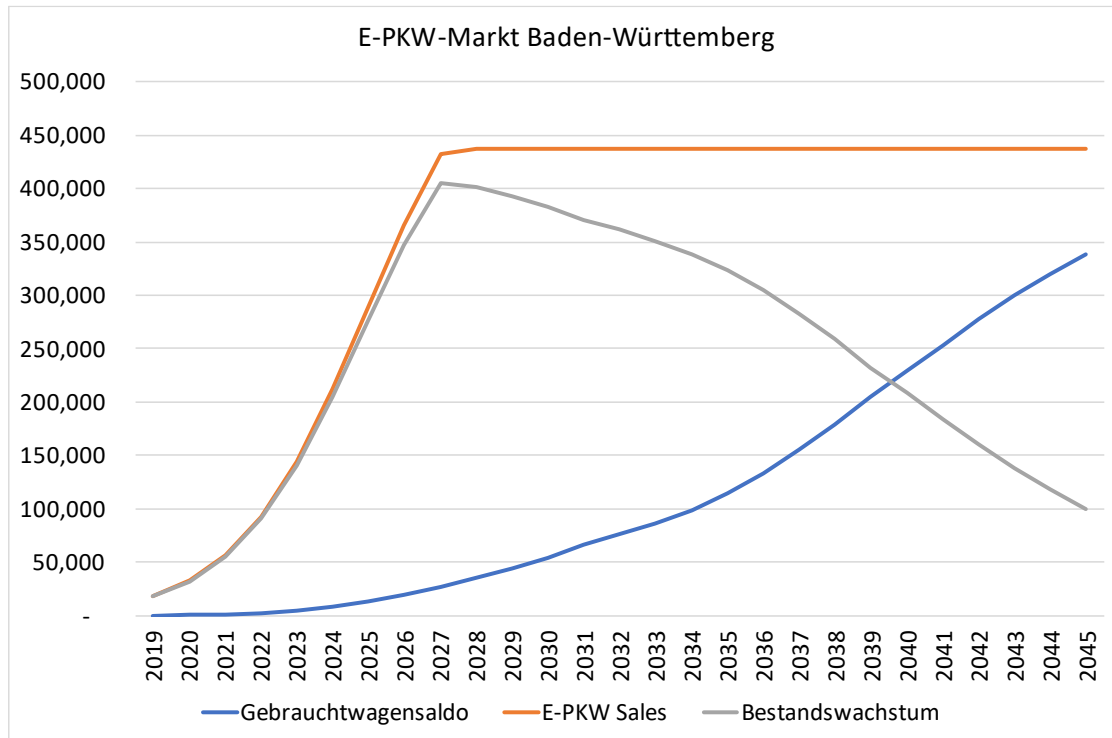


- Bsp. Sachsen 2017
 - Bestand mit EZ-Datum 2017: 146.909
 - Neuzulassungen in 2017: 123.984
 - Faktor = 1,185 → Gebrauchtwagenzufluss von 22.925



- Werte > 0 → PKW werden exportiert oder stillgelegt
- Werte < 0 → PKW werden importiert
- Summe über alle Altersklassen entspricht den jährl. Neuzulassungen
→ Bestand bleibt in unserer Betrachtung konstant

Bestandsentwicklung



- Vorläufige Ergebnisse
 - Elektrifizierte Neuzulassungen erreichen deutschlandweit Sättigung bis Anfang der 2030er Jahre
→ starke Heterogenität zwischen den Bundesländern
 - Bestandselektrifizierung zeitlich deutlich verzögert
 - Gebrauchtwagenmarkt verschiebt EV-Neuzulassungen von Quellen (v.a. Süddeutschland) zu Senken (v.a. Ostdeutschland)
 - Bundesländer sind untereinander und in sich selbst stark heterogen → höhere geogr. Auflösung notwendig
- Nächste Schritte
 - Betrachtung auf Landkreisebene → KBA-Datenanfrage über www.fragdenstaat.de erfolgreich
 - Erweiterung der Regression um weitere Variablen (z.B. Standort OEM)

Thank you for your attention!

Florian Boehnke

House of Energy Markets and Finance
University of Duisburg-Essen
Universitätsstr. 12 | 45117 Essen | Germany
Email: Florian.Boehnke@uni-due.de

Regressionsmodell „Regionale Verteilung EVs“

Aufbau und Auswertung

$$\log\left(\frac{Reg_{r,t,s}}{\sum_r Reg_{r,t,s}}\right) = \beta_1 \log\left(\frac{Pop_{r,t}}{\sum_r Pop_{r,t}}\right) + \beta_2 \log(Area_r) + \beta_3 \log\left(\frac{GDP_{r,t}}{\sum_r GDP_{r,t}}\right) + \beta_4 \log\left(\frac{Emp_{r,t}}{\sum_r Emp_{r,t}}\right) + \beta_5 \log\left(\frac{RoofPV_{r,t}}{\sum_r RoofPV_{r,t}}\right) + \beta_6 \log\left(\frac{ChargeP_{r,t}}{\sum_r ChargeP_{r,t}}\right) + \beta_7 \log\left(\frac{Garage_{r,t}}{\sum_r Garage_{r,t}}\right) + \alpha$$

$Reg_{r,t,s}$ = Annual registrations in region r in year t of drivetrain s [#]

$Pop_{r,t}$ = Population of region r in year t [#]

$Area_r$ = Area of region r [km²]

$GDP_{r,t}$ = Gross domestic product of region r in year t [€]

$Emp_{r,t}$ = Employees in region r in year t [#]

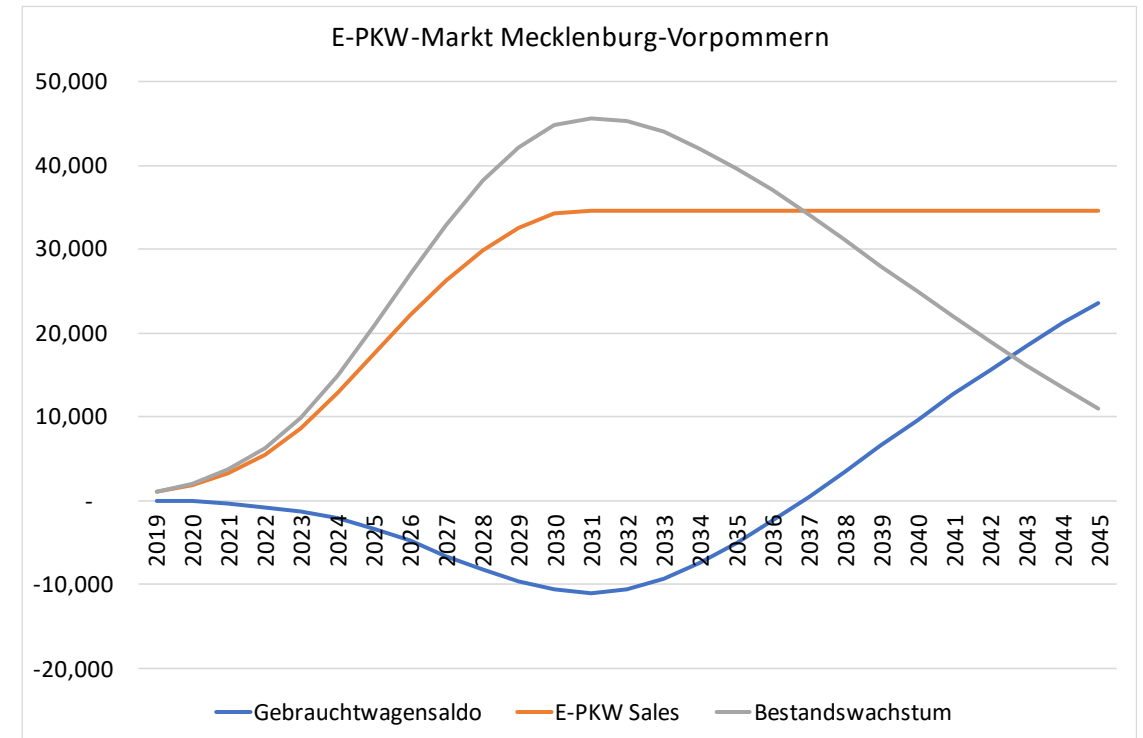
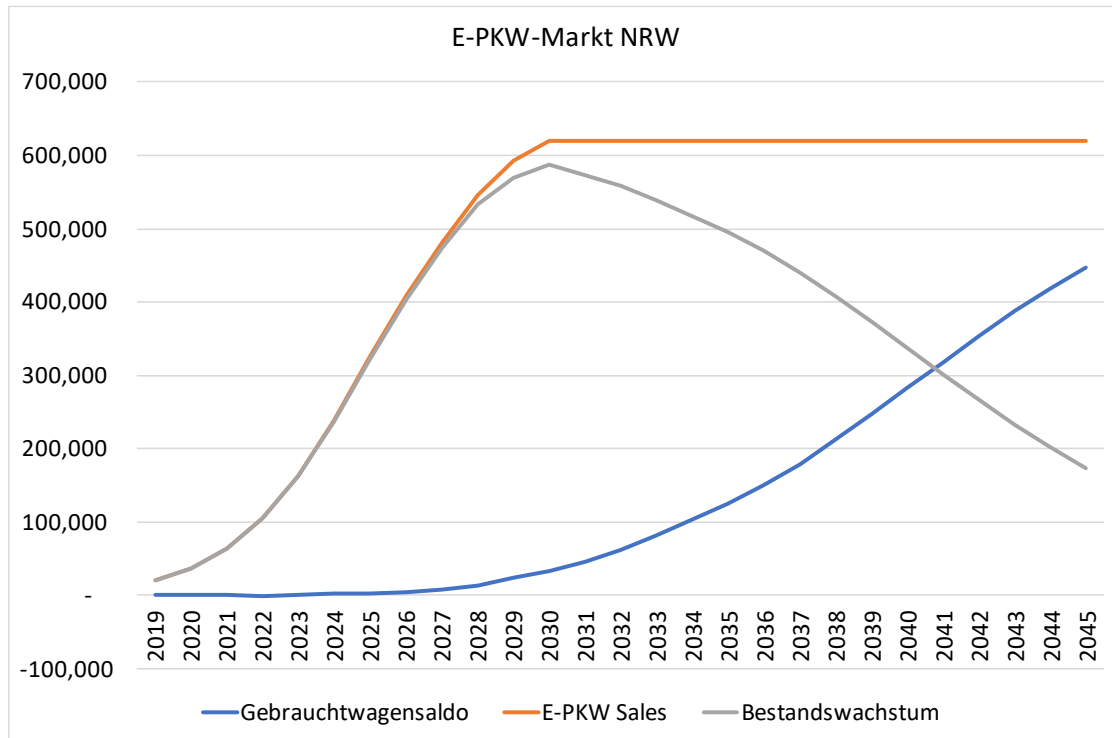
$ChargeP_{r,t}$ = Public charging points in region r in year t [#]

$Garage_{r,t}$ = Garage count in region r in year t [#]

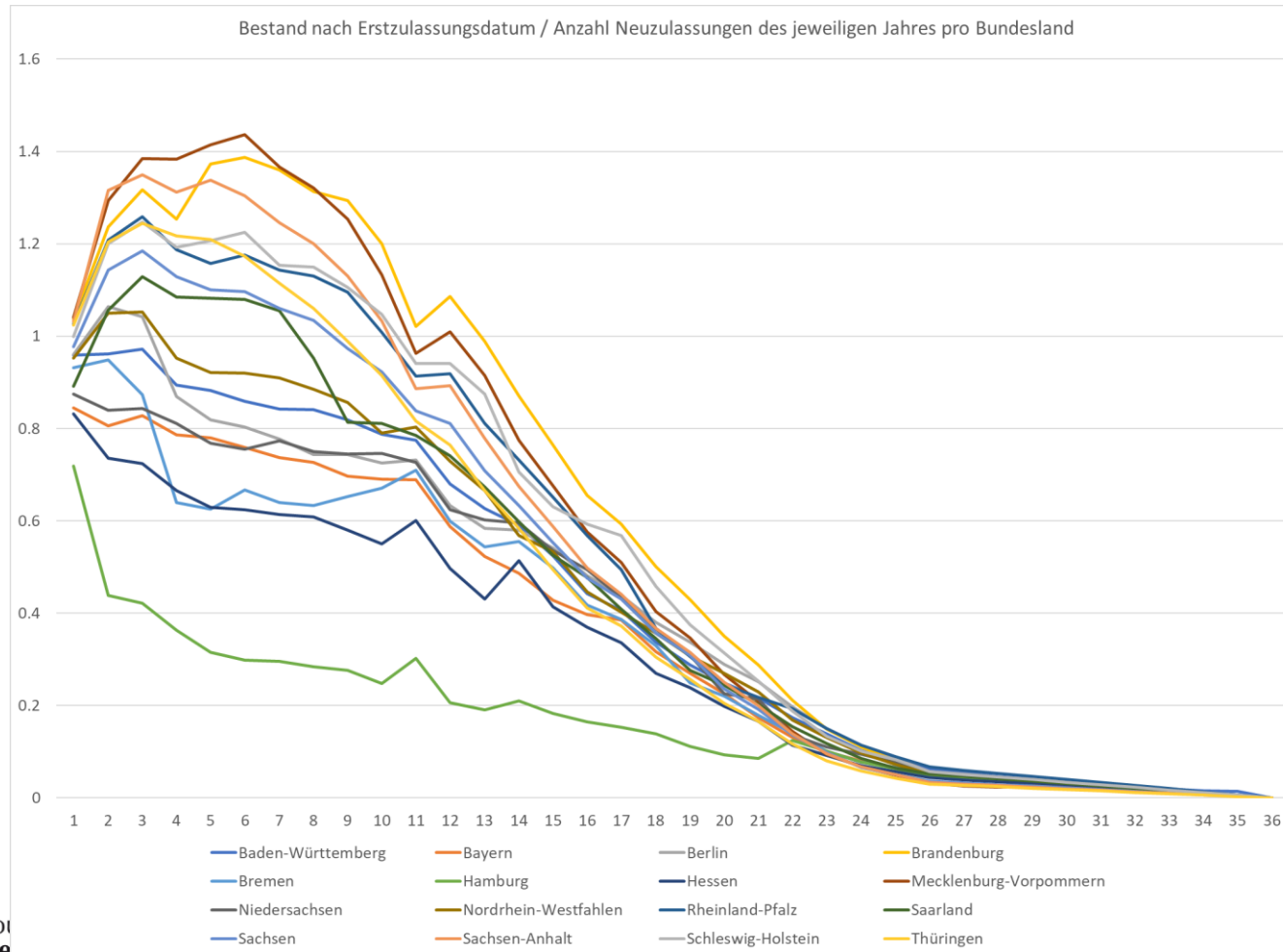
```

Output exceeds the size limit. Open the full output data in a text editor
OLS Regression Results
=====
Dep. Variable:   DV_EV_Stock_Share_DE_log   R-squared:         0.832
Model:          OLS                       Adj. R-squared:    0.829
Method:         Least Squares             F-statistic:       278.4
Date:           Wed, 08 Mar 2023          Prob (F-statistic): 4.99e-148
Time:           14:19:03                  Log-Likelihood:    -155.72
No. Observations: 401                     AIC:               327.4
Df Residuals:   393                       BIC:               359.4
Df Model:       7
Covariance Type: nonrobust
=====
                    coef    std err          t      P>|t|     [0.025     0.975]
-----
Intercept                1.4045    0.515        2.729    0.007     0.393     2.416
Population_rel_log       2.1424    0.351        6.099    0.000     1.452     2.833
Area_abs_log             -0.1138    0.036       -3.125    0.002    -0.185    -0.042
GDP_rel_log              1.2780    0.149        8.604    0.000     0.986     1.570
employed_rel_DE_log     -1.1008    0.200       -5.502    0.000    -1.494    -0.707
Roof_PV_MW_low_voltage_rel_log 0.2641    0.036        7.406    0.000     0.194     0.334
publ_charg_rel_all_in_DE_log 0.0180    0.011        1.646    0.101    -0.003     0.039
Garage_rel_in_DE_log    -1.4977    0.352       -4.249    0.000    -2.191    -0.805
=====
Omnibus:                13.967   Durbin-Watson:      1.552
Prob(Omnibus):           0.001   Jarque-Bera (JB):    19.235
...
=====

```



Gebrauchtwagenmarkt alle Bundesländer



- Bestand in DE ca. 49 Mio. PKW
- Jährlicher KFZ NZ Markt ca 3.08 Mio PKW

