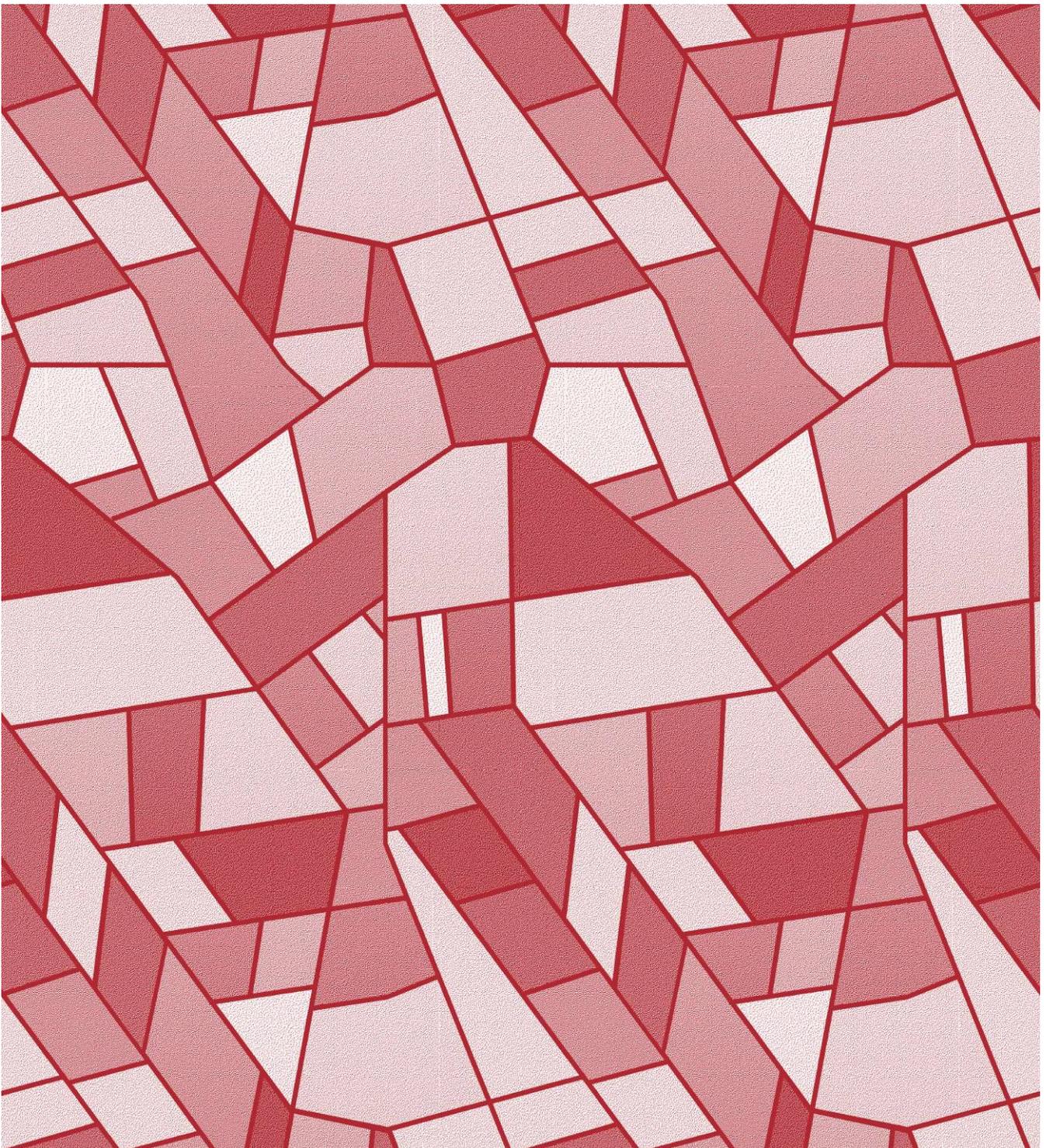


Stadt Kloten: Konzept für elektrische Ladestationen

Schlussbericht



Projektteam

Silvan Rosser, EBP

Alessio Mina, EBP

EBP Schweiz AG

Mühlebachstrasse 11

8032 Zürich

Schweiz

Telefon +41 44 395 16 16

info@ebp.ch

www.ebp.ch 3. Oktober 2022

StadtKlotenBericht.docx

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Grundlagen Elektromobilität	6
3.	Ausgangslage Elektromobilität in der Stadt Kloten	7
4.	Szenarien für Elektromobilität und Infrastrukturbedarf	9
4.1	Bevölkerung und Motorisierungsgrad	11
4.2	Personenwagen nach Antriebstechnologie	12
4.3	Bedarf an Ladestationen	13
4.4	Räumliche Verteilung vom Ladebedarf	16
5.	Ladeinfrastruktur städtische Liegenschaften	20
5.1	Grundlage	20
5.2	Ladeinfrastrukturbedarf	22
5.3	Kostenschätzung	23
5.4	Betreibermodell	23
6.	Betreibermodell für die öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur und Empfehlungen	26
6.2	Kostenschätzung	27
7.	Quellen	30

1. Einleitung

Die Schweiz ist als alpines Land überdurchschnittlich vom globalen Klimawandel betroffen. Der Bundesrat hat im Jahr 2019 die Energiestrategie 2050 verabschiedet, welche vom Volk an der Urne angenommen wurde. Sie beinhaltet, dass die Schweiz bis 2050 klimaneutral sein will und dass die Treibhausgasemissionen bis 2030 gegenüber 1990 um 50% sinken müssen. Der Strassenverkehr ist heute mehrheitlich von fossilen Energieträgern abhängig und verantwortlich für rund einen Viertel des Energieverbrauchs sowie einen Drittel der Treibhausgasemissionen. Die Elektromobilität gilt als Hoffnungsträger in Sachen Klimaschutz im Strassenverkehr: Sie kann den Energieverbrauch senken und durch den Einsatz von Strom aus erneuerbaren Quellen die Treibhausgasemissionen stark reduzieren.

Nicht nur Bund und Kantone, sondern auch Gemeinden und Städte müssen den Übergang zu einer energieeffizienten Mobilität mitgestalten. Die Stadt Kloten ist seit 2009 Energiestadt und will ihren Beitrag für die Klimaneutralität leisten. Insbesondere will sie bereit sein für die kommende Wende in der Elektromobilität und ihre Rolle als Besitzerin von Liegenschaften und öffentlichem Grund im Sinne der Elektromobilität nutzen.

Der Stadtrat, die Energiekommission, die Industriellen Betriebe Kloten (IBK) und die Umweltschutzabteilung möchten die Elektromobilität in der Stadt Kloten unterstützen. Das vorliegende Konzept bildet die Grundlage für die städtischen Aktivitäten im Bereich Elektromobilität und untersucht die folgenden drei Fragestellungen:

1. **Entwicklungsprognosen erstellen.** Wie viele Elektroautos wird es in welchem Zeitraum in der Stadt voraussichtlich geben? Wo werden sie geladen, wie oft und wie lange?
2. **Infrastrukturbedarf einschätzen.** Wie viele und welche Ladestationen braucht die Stadt in den nächsten Jahren? Wo sollten sie sich befinden?
3. **Rolle der Stadt definieren.** Wie kann die Stadt die Elektromobilität unterstützen? Welche Rolle kann sie beim Aufbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur einnehmen? Welche Investitionen sind in den nächsten Jahren für die Ladeinfrastruktur bei den städtischen Liegenschaften einzurechnen?

Die Stadt Kloten fokussiert damit auf drei wesentliche Fragestellungen im Bereich Elektromobilität. Weitere relevante Handlungsfelder gibt es im Bereich Information & Beratung, Elektrifizierung der kommunalen Flotte und in der Raum- und Verkehrsplanung (siehe Abbildung 1 und EnergieSchweiz 2021).

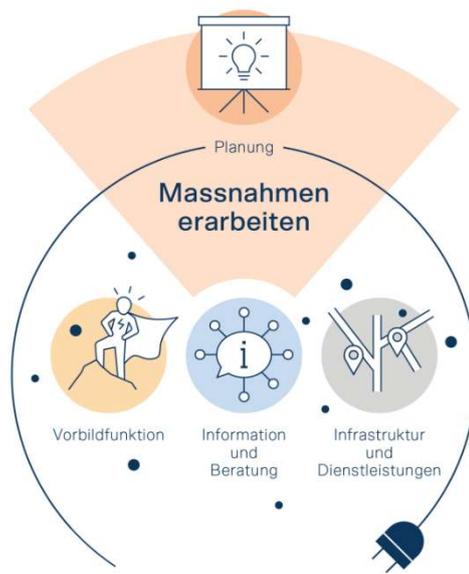


Abbildung 1: Vier Handlungsfelder für Gemeinden (EnergieSchweiz, 2021).

2. Grundlagen Elektromobilität

Die Elektromobilität ist ein wesentlicher Grundpfeiler bei der Dekarbonisierung des Strassenverkehrs. Sie leistet einen fundamentalen Beitrag zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gesamtverkehrs, zur Reduktion der Treibhausgasemissionen und reduziert die Belastung des Verkehrs für Bevölkerung und Umwelt. Eine nachhaltige Mobilität umfasst auch andere Aspekte: Eine effiziente Raum- und Strassenplanung sowie einen attraktiven öffentlichen Verkehr. Dabei gilt es, die Potenziale neuer Technologien und gesellschaftlicher Entwicklungen zu nutzen.

Die Elektromobilität kommt und wird sich in den nächsten Jahren rasant entwickeln (EBP, 2022). Bei Personenwagen, leichten Nutzfahrzeugen und Bussen werden batterieelektrische Fahrzeuge klar dominieren. 2019 waren 13% der Neuzulassungen von Personenwagen Elektrofahrzeuge oder Plug-In Hybride (BFS, 2022). 2022 ist dieser Anteil schon auf 24.6% gestiegen und die Roadmap Elektromobilität 2025 setzt das Ziel, bis ins Jahr 2025 50% zu erreichen. Kundenverhalten und Bewusstsein, neue Regulierungen und technische Fortschritte (vor allem bezüglich der Batterien und ihrer Erstellung) sind die Hauptfaktoren für die anziehende Marktdurchdringung (McKinsey, 2021). Batterieelektrische Personenwagen sind bezogen auf die Gesamtkosten bereits heute um ein Vielfaches günstiger als konventionelle Verbrenner-Fahrzeuge. Jedoch wird der Strombedarf für die Mobilität steigen und der Erfolg von Elektrofahrzeugen könnte zu mehr gefahrenen Kilometer führen (Rebound Effekt). Für Gemeinden und Städte ist jetzt der richtige Zeitpunkt, um die Entwicklung zu beeinflussen und die Chancen der Elektromobilität nutzen zu können.

Eine im Jahr 2020 erschienene Ökobilanz-Studie des Paul-Scherrer-Instituts hat den gesamten Lebenszyklus von Personenwagen mit unterschiedlichen Antriebsformen untersucht. Die Resultate haben gezeigt, dass Elektroautos heutzutage mit grossem Abstand die umweltfreundlichste Alternative sind. Die wichtigste Rolle spielt dabei die Herkunft des Stroms. Elektrofahrzeuge weisen einen Gesamtwirkungsgrad von über 75% auf, das heisst sie sind etwa dreimal effizienter als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Ab 30 000 gefahrenen Kilometern werden die höheren Aufwände aus der Batterieproduktion durch die während der Fahrt eingesparten CO₂-Emissionen wettgemacht (PSI, 2020).

Weitere Antriebstechnologien liegen bezüglich der Marktanteile noch deutlich zurück. Brennstoffzellen-Fahrzeuge (FCEV) werden mit Wasserstoff betankt und repräsentieren nur 0.02% der neuen Zulassungen von Personenwagen im Jahr 2021. Der Vorteil der FCEV ist insbesondere die hohe Energiedichte von Wasserstoff, welche im Vergleich zu Elektrofahrzeugen eine grössere Reichweite ermöglicht. Jedoch ist die Reichweite geringer als mit Verbrennungsmotor. Die steigenden Reichweiten und Ladeleistungen der BEV engen das *window of opportunity* für Brennstoffzellen-Anwendungen bei den Personenwagen zusehends ein. Ausserdem, weisen FCEV einen deutlich schlechteren Wirkungsgrad auf als Elektrofahrzeuge.

3. Ausgangslage Elektromobilität in der Stadt Kloten

Die Bevölkerung in der Kloten am 1. Januar 2020 betrug 20'429 Einwohner. Gemäss Motorfahrzeugregister waren im Jahr 2020 10'295 Personenwagen in Kloten immatrikuliert. Das ergibt einen Motorisierungsgrad von 523 Fahrzeuge pro 1'000 Einwohner. Als Vergleich, beträgt der Motorisierungsgrad 483 im Kanton Zürich und 541 in der ganzen Schweiz. Die Abbildung 2 zeigt den Motorisierungsgrad in der Schweiz.

Tabelle 1 zeigt den Bestand nach Antriebstechnologie in Kloten und in der Schweiz im Jahr 2021. Tabelle 2 zeigt die Anzahl Neuzulassungen in Kloten und in der Schweiz im Jahr 2021.

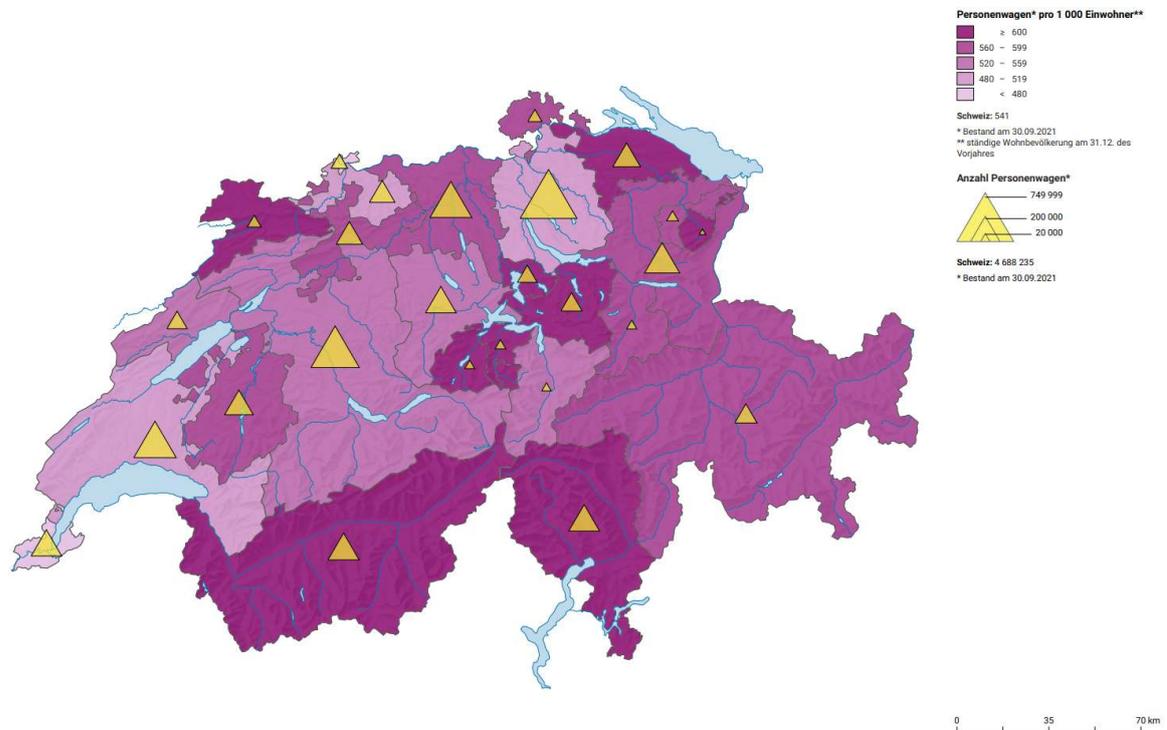


Abbildung 2: Motorisierungsgrad in der Schweiz.

	Kloten	Kloten pro 1'000 Einwohner	Schweiz	Schweiz pro 1'000 Einwohner
Verbrennung	10'091	501.3	457'6387	527.8
Batterie-Elektrisch	120	6.0	43'396	5.0
Plug-in Hybrid	79	3.9	23'788	2.7

Tabelle 1: Bestand Personenwagen in Kloten und in der Schweiz im Jahr 2020.

	Kloten		Schweiz	
Verbrennung	508	79.5%	188'076	77.6%
Batterie-Elektrisch	78	12.2%	32'033	13.2%
Plug-in Hybrid	49	7.7%	21'789	9.0%
Andere	3	0.5%	365	0.2%

Tabelle 2: Neuzulassungen in Kloten und in der Schweiz im Jahr 2021.

In der Stadt Kloten gibt es heute acht öffentlich zugänglich Ladestandorte mit je einer verschiedenen Anzahl Ladepunkte. Zwei der Ladestandorte sind am Flughafen (Parkhäuser P4 und P6) und haben viele Ladepunkte.



Abbildung 3: Ladestandorte in der Stadt Kloten.

4. Szenarien für Elektromobilität und Infrastrukturbedarf

Der zukünftige Anteil von Elektroautos hängt stark von den CO₂-Emissionsvorschriften für neu in Verkehr gesetzte Fahrzeuge ab. Die Schweiz orientiert sich dabei an den Vorgaben der EU. Aktuell gilt in der EU und in der Schweiz ein Zielwert von 95 gCO₂/km für Personenwagen.

Die EU-Kommission hat im Rahmen des Klimapakets «Fit for 55» im Juli 2021 allerdings eine deutliche Verschärfung der aktuell geltenden Zielwerte für 2025 und 2030 vorgeschlagen. Zurzeit verhandeln der europäische Rat und das Parlament um eine endgültige Version zu einigen. Jedes einzelne Gesetz braucht nun die mehrheitliche Zustimmung sowohl vom EU-Parlament als auch von den Mitgliedstaaten im Rat. Es bestehen noch Divergenzen, zum Beispiel bezüglich der Rolle von E-Fuels.

Es ist damit zu rechnen, dass Autohersteller in Europa ihre durchschnittlichen Flottenemissionen bis zum Jahr 2025 im Vergleich zu 2021 um 20 %, bis 2030 um 55 % und bis 2035 um 100 % senken müssen.

Wegen dieser und anderen Unsicherheiten über die Zukunft, beschreibt EBP die Entwicklung der Marktanteile je Antriebstechnologie bis ins Jahr 2050 anhand von drei Szenarien (EBP, 2022).

- BAU (Business As Usual): Das Szenario orientiert sich an den heute geltenden CO₂-Emissionsvorschriften für die Neuzulassungen sowie an der technologischen Entwicklung der verschiedenen Antriebstechnologie. Das Szenario ist nicht kompatibel mit dem Netto-Null-Ziel 2050. Plug-in-Hybride Personenwagen spielen noch eine wichtige Rolle. Wasserstoff hat hingegen eine geringe Relevanz
- Zero-E: Das Szenario orientiert sich am aktuellen Vorschlag des EU-Umweltausschusses zur Verschärfung der CO₂-Emissionsvorschriften. Es hinterlegt ein faktisches Verbrennerverbot für Personenwagen ab 2035. Das Szenario ist kompatibel mit dem Netto-Null-Ziel 2050. Der batterieelektrische Antrieb ist die Schlüsseltechnologie zur Dekarbonisierung des Strassenverkehrs und dominiert den Markt in allen Fahrzeugkategorien und Grössenklassen deutlich. Plug-in-Hybride Fahrzeuge spielen nur kurzfristig eine wichtige Rolle, während Wasserstoff-Brennstoffzellen nur eine untergeordnete Rolle (ab 2040) zur Dekarbonisierung von anspruchsvollen Einsätzen.
- Zero – Hydrogen Focus: Das Szenario orientiert sich auch am aktuellen Vorschlag zur Verschärfung der CO₂-emissionsvorschriften. Der batterieelektrische Antrieb dominiert kurz und mittelfristig den Markt. Nach 200 wird Wasserstoff zu einer kostengünstigen Global Commodity. Fahrzeugsegment mit Diesel werden durch Wasserstoff-brennstoffzellenfahrzeuge substituiert.

Aktuell entspricht das Szenario Zero-E gemäss Einschätzungen von EBP der wahrscheinlichsten Entwicklung. Deswegen beziehen sich alle in diesem Dokument enthaltenen Berechnungen auf das Szenario Zero-E.

Die Analyse unterscheidet zwischen vier Ladebedürfnisse und vier entsprechende Ladestandorte:

- Home: Aufladen am Wohnort an privaten Ladestationen oder in unmittelbarer Nähe an öffentlich zugänglichen Ladestationen auf öffentlichem Grund (z.B. blaue Parkplätze). Die Ladeleistung beträgt typischerweise 3.7 oder 11 kW
- Work: Aufladen an halb-privaten Ladestationen am Arbeitsplatz. Diese Kategorie berücksichtigt sowohl die privaten Fahrzeuge der Mitarbeiter (Pendler) wie auch die Betriebsfahrzeuge (Flotte). Es werden Ladestationen mit zwei Ladepunkten und einer Ladeleistung von 11 oder 22 kW verwendet.
- POI (Point of interest): Aufladen an öffentlich zugänglichen Ladestationen während einer Aktivität (Supermarket, Kino, Sportzentrum, usw.). Je nach Standort handelt es sich um AC-Ladestationen mit zwei Ladepunkten oder DC-Ladestationen mit deutlich höheren Ladeleistungen.
- Fast: Schnellladen an öffentlich zugänglichen Ladestationen mit hoher DC-Ladeleistung von meist über 100 kW.

Die Abbildung 4 zeigt die Eigenschaften der vier Ladebedürfnissen und Ladestandorten.

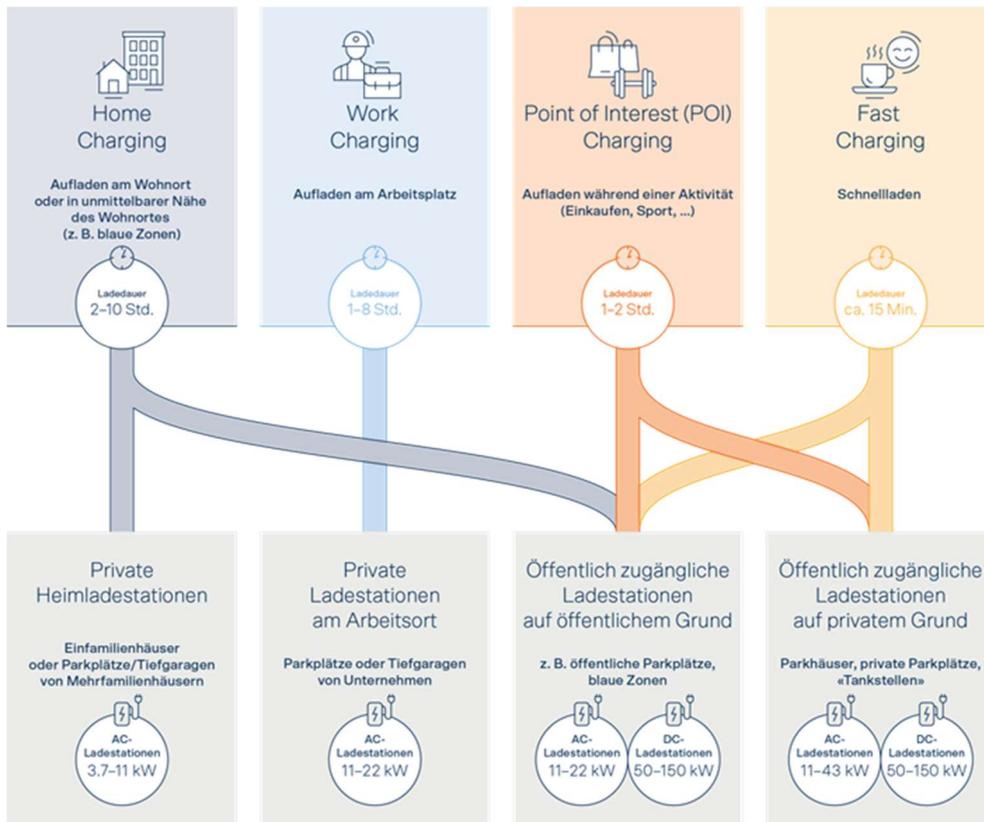


Abbildung 4: Eigenschaften der vier Ladebedürfnisse (oben) und vier Ladestandorte (unten) (EBP, 2022).

4.1 Bevölkerung und Motorisierungsgrad

Abbildung 5 zeigt die prognostizierte Entwicklung der Bevölkerung in der Stadt Kloten bis 2050. Die Zunahme beträgt 55% (38% ohne Steinacker). Auf Ebene Schweiz wird mit einer Zunahme von 21% gerechnet und im Kanton Zürich 29%.

In der Prognose wurde auch das Entwicklungsgebiet Steinacker berücksichtigt. Es wurde angenommen, dass bis im Jahr 2035 3'000 zusätzliche Einwohner in Steinacker wohnen werden (Kloten, 2022).

Gemäss Verkehrsperspektive 2050 (ARE, 2022) vom Bund wird im Szenario «Basis» zudem mit einem stark rückläufigen Motorisierungsgrad in der Stadt Kloten gerechnet (Abbildung 6).

Der rückläufige Motorisierungsgrad und das stetige Bevölkerungswachstum führen dazu, dass der Personenwagenbestand kurz- und mittelfristig weiter ansteigen wird und sich dann langfristig stabilisiert (siehe Abbildung 7).

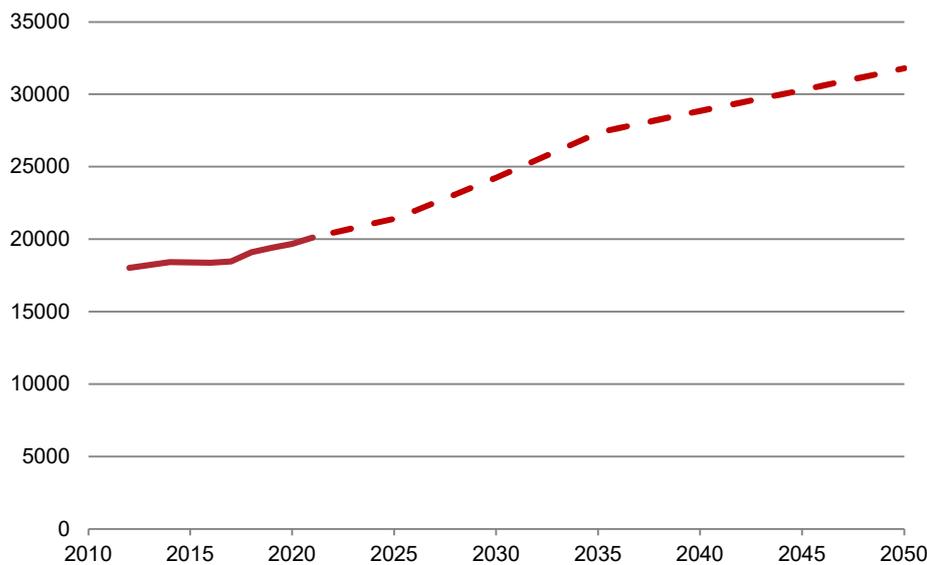


Abbildung 5: Prognose Bevölkerung in der Stadt Kloten.

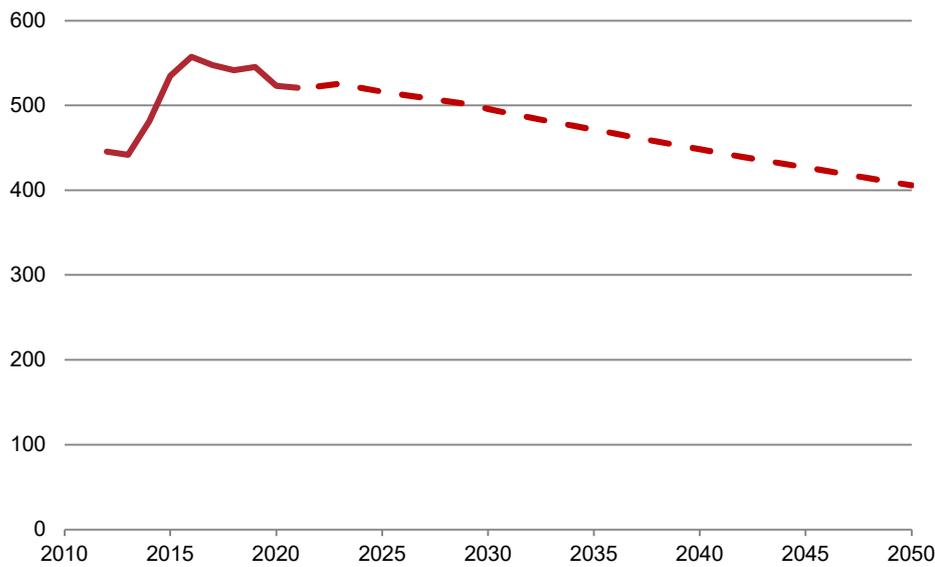


Abbildung 6: Motorisierungsgrad in Kloten. Das entspricht die Anzahl Personenwagen pro 1000 Einwohner.

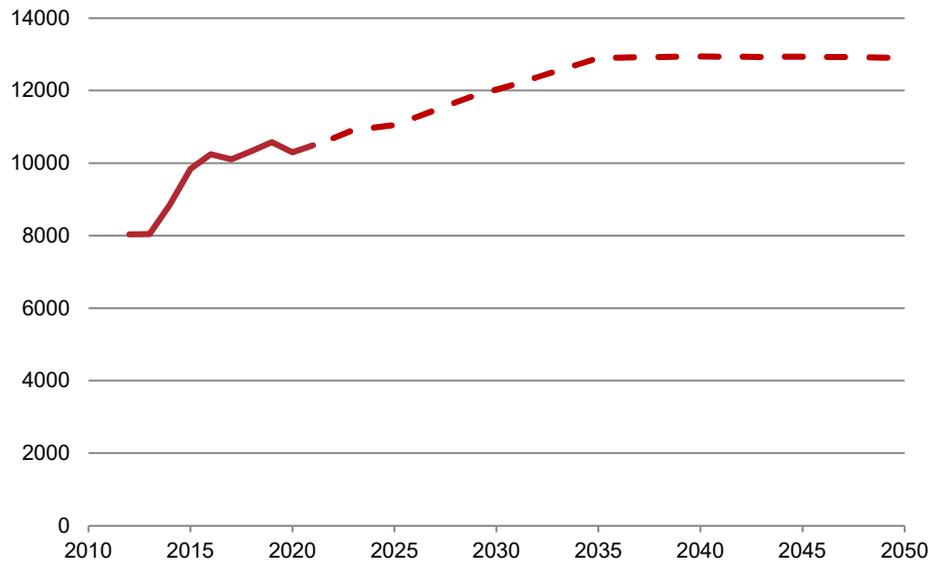


Abbildung 7: Anzahl Personenwagen in Kloten.

4.2 Personenwagen nach Antriebstechnologie

Die Abbildung 8 zeigt die Entwicklung des Bestands von Personenwagen nach Antriebstechnologie. Plug-in Hybride spielen nur mittelfristig eine Rolle und Wasserstoff-Brennstoffzellen werden einen nur tiefen Marktanteil bei Personenwagen haben. Im Jahr 2030 werden 23% der Personenwagen rein elektrisch sein und im Jahr 2050 erreicht dieser Anteil 93%.

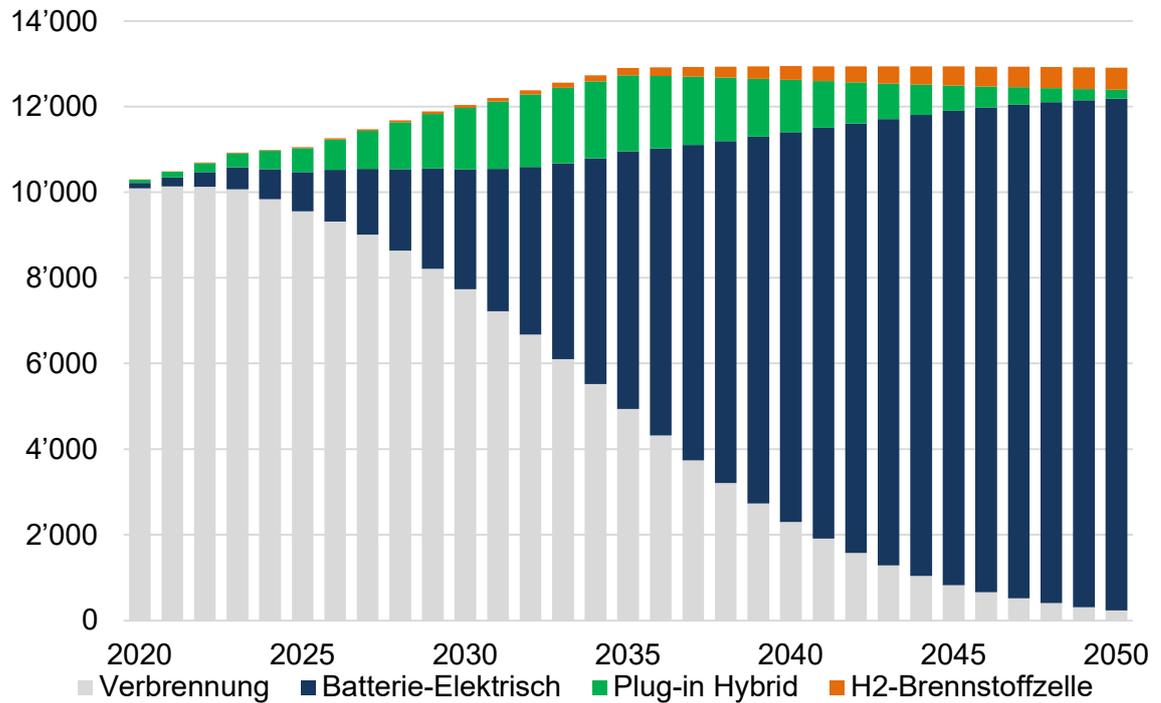


Abbildung 8: Prognose für den Bestand von Personenwagen in Kloten nach Antriebstechnologie.

4.3 Bedarf an Ladestationen

Wie im Kapitel 4.2 gezeigt, werden Elektrofahrzeuge in den nächsten Jahren stetig an Bedeutung gewinnen. Daraus kann man den Ladebedarf in Bezug auf die benötigte Energie und die Anzahl Ladestation ableiten.

Abbildung 9 zeigt die vorgesehene benötigte Energie nach Ladebedürfnis. Eine Mehrheit von Ladestationen werden Heimpladestationen sein (Abbildung 10). Die anderen Ladestationstypen sind in Abbildung 11 gezeigt. Tabelle 3 listet die Anzahl Ladestationen nach Kategorie für die Jahre 2025, 2035 und 2045 auf.

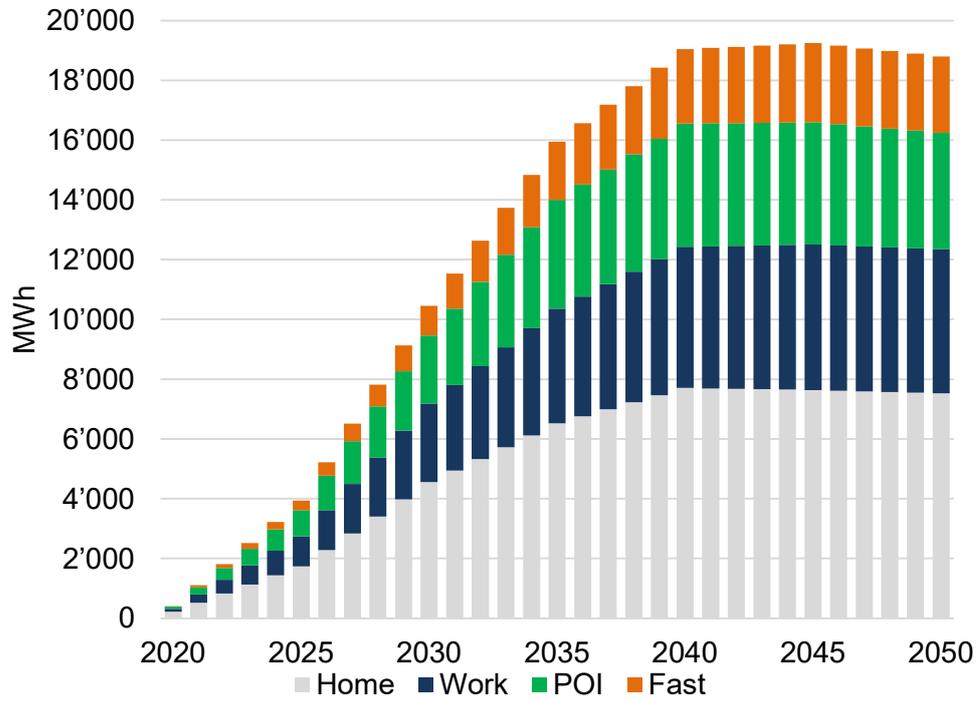


Abbildung 9: Ladebedarf in Kloten nach Standort.

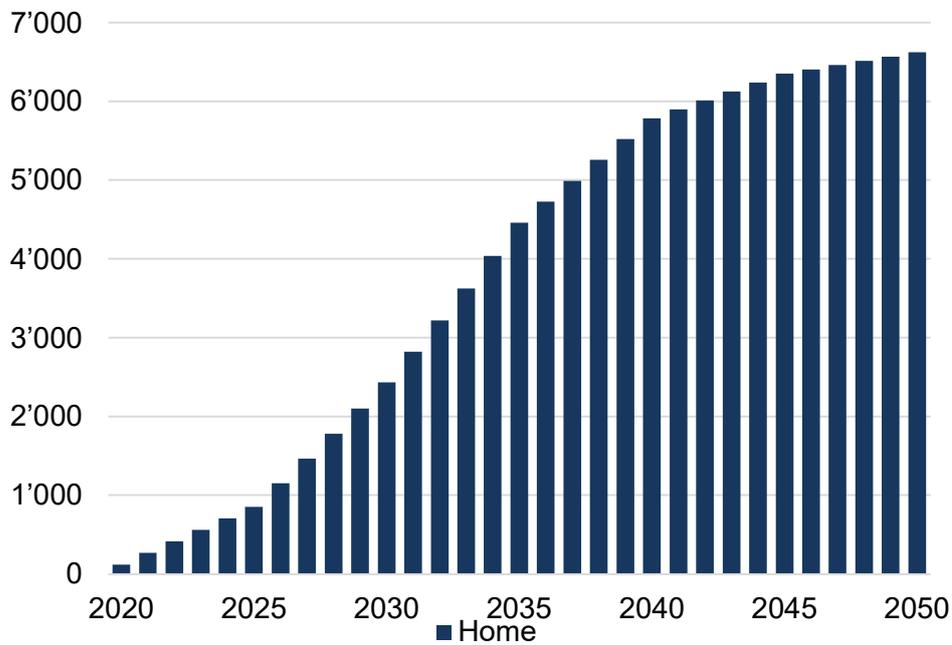


Abbildung 10: Anzahl Heimladestationen in Kloten.

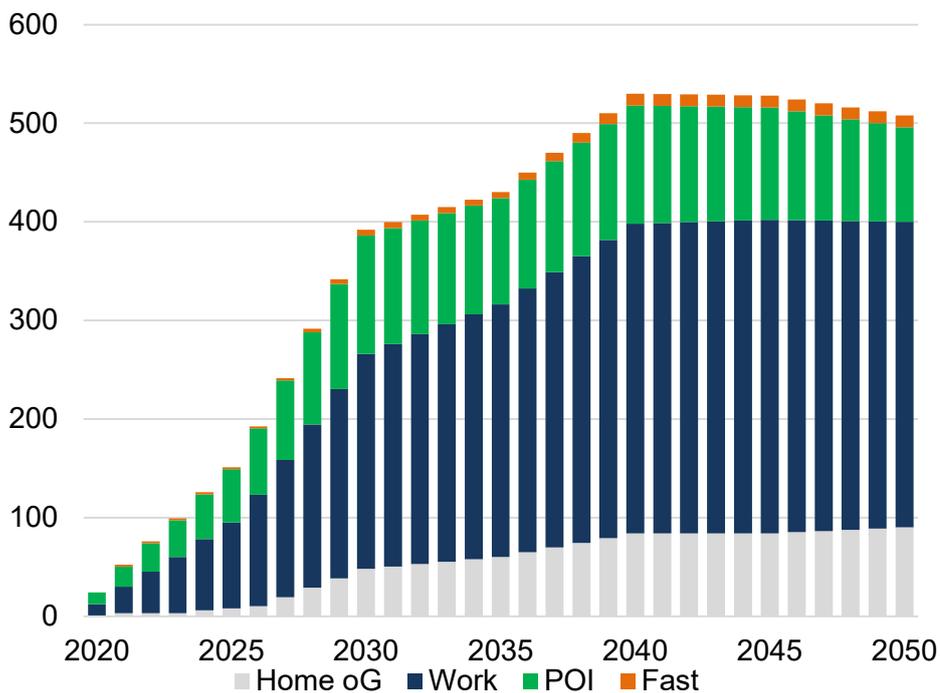


Abbildung 11: Anzahl Ladestationen nach Kategorie: Heimpladestationen öffentlicher Grund, Work, Point of Interest und Fast.

	2025	2035	2045
Private Heimpladestationen	850	3'971	5'654
Öffentlich zugängliche Ladestationen im Wohnquartier	10	60	84
Halb-private Ladestationen am Arbeitsplatz für Pendler und Flottenfahrzeuge	87	256	318
Öffentlich zugängliche Ladestationen an POI	54	108	114
Öffentlich zugängliche Schnellladestationen	2	6	12

Tabelle 3: Anzahl benötigte Ladestationen in den Jahren 2025, 2035 und 2045 nach Kategorie.

4.4 Räumliche Verteilung vom Ladebedarf

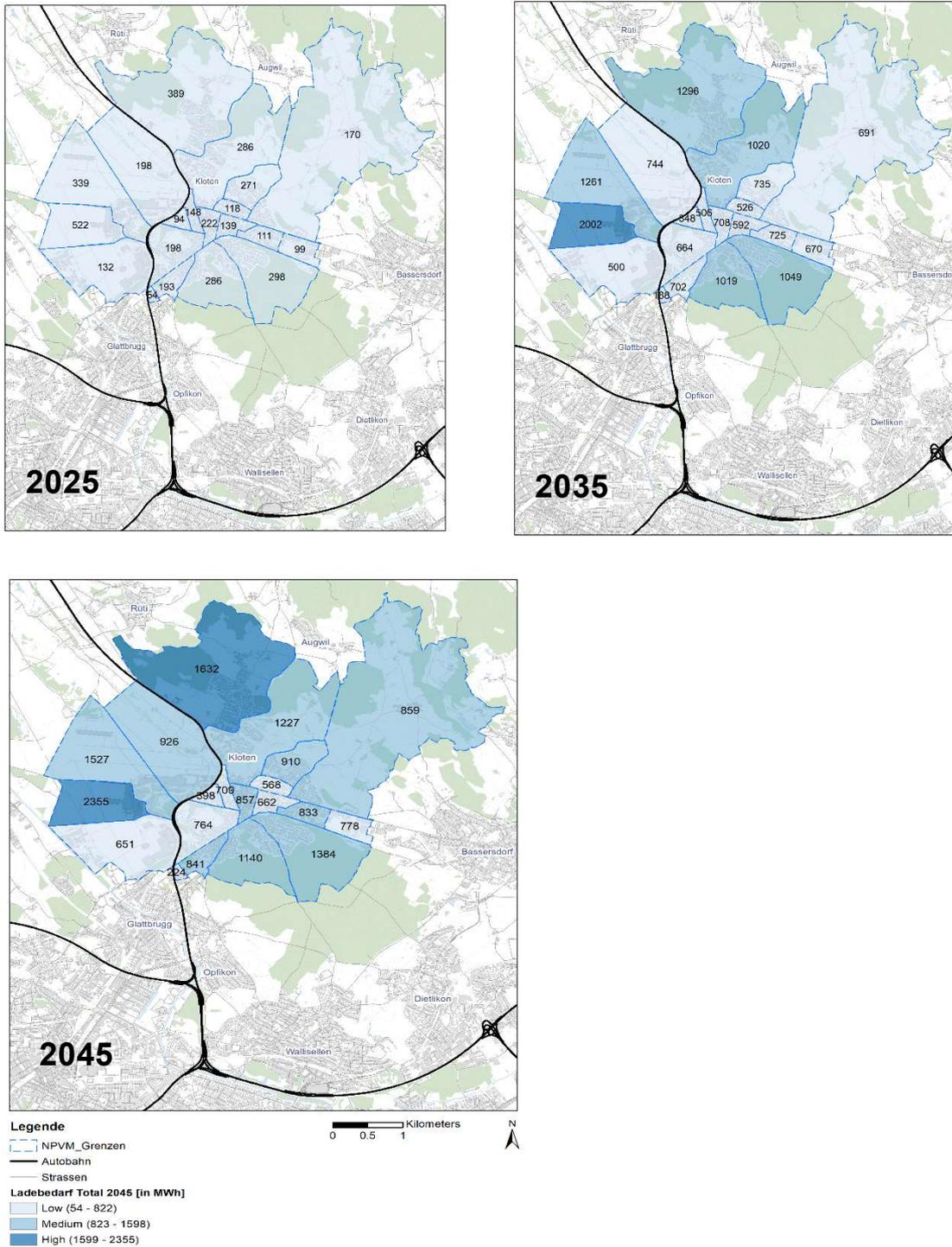


Abbildung 12: Ladebedarf für elektrische angetriebene Personenwagen in der Stadt Kloten in MWh für die Jahre 2025 (in Summe 3'930 MWh), 2035 (in Summe 15'942 MWh), 2045 (in Summe 19'246 MWh).

Die Stadt Kloten wurde in 20 Zonen aufgeteilt. Diese Zonen entsprechen den Verkehrszonen aus dem nationalen Personenverkehrsmodell (NPVM 2017). Für die fünf Kategorien (siehe Kapitel 4) Heimladen, Laden in der Nähe des Wohnorts an öffentlich zugänglichen Ladestationen (z.B. blaue Parkplätze), Work, Point of Interest und Fast wurde die räumliche Verteilung für den

Bedarf in MWh und den Bedarf an Ladestationen berechnet. Die Prognose wurde für die Jahre 2025, 2035 und 2045 erstellt. Alle Resultate liegen in Kartenform (insgesamt 33 Karten) vor. In diesem Kapitel sind nur die neun relevantesten Karten für den Zweck dieser Studie abgebildet. Die andere sind diesem Dokument beigelegt.

Abbildung 12 zeigt den gesamten Bedarf in MWh für elektrisch angetriebene Personenwagen in Kloten. Abbildung 13 zeigt den Bedarf an Heimpladestationen im Wohnquartier an öffentlich zugänglichen Ladestationen. Abbildung 14 den Bedarf an Ladestationen bei den Point of Interest.

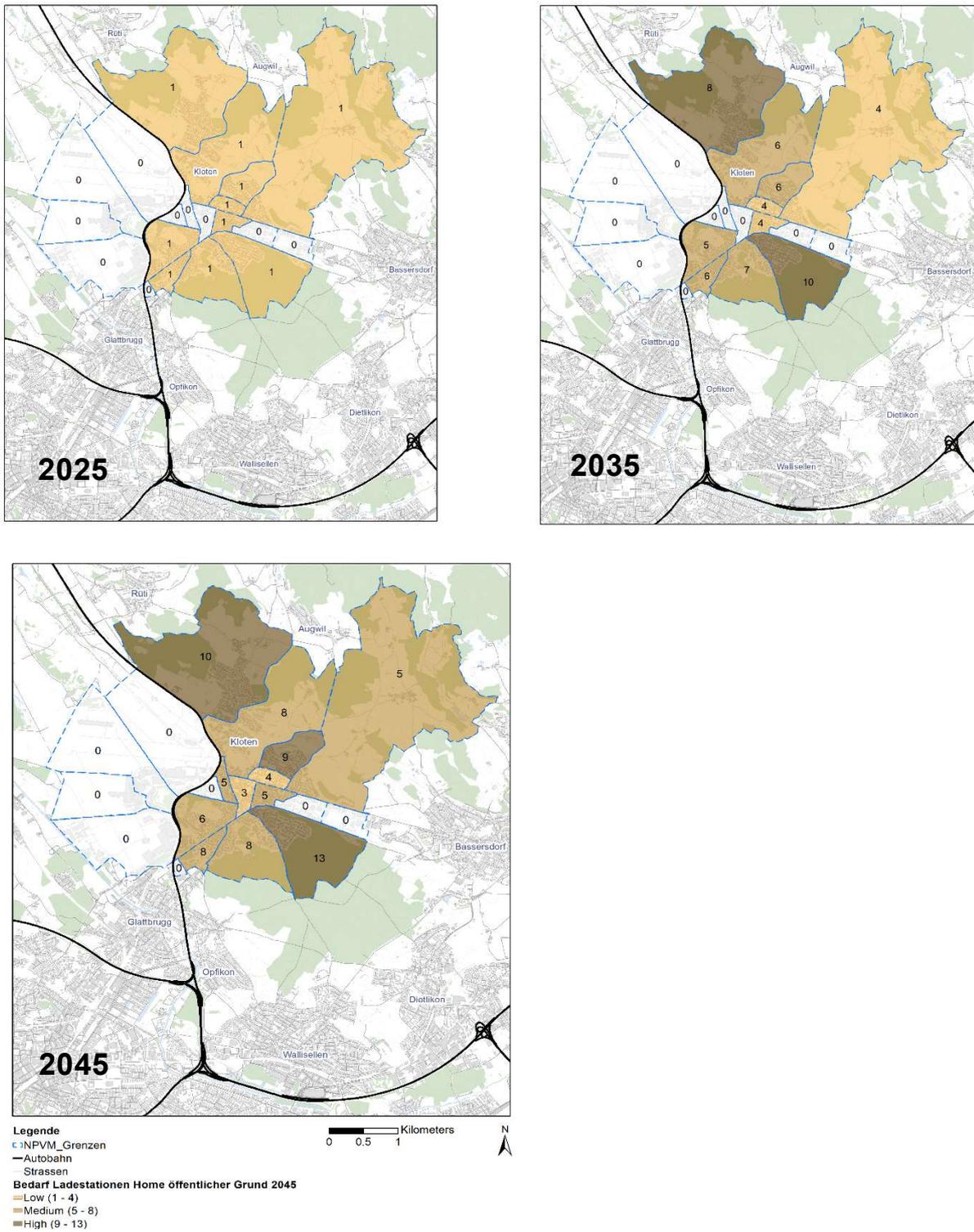


Abbildung 13: Bedarf an Ladestationen für die Kategorie Laden im Wohnquartier an öffentlich zugänglichen Ladestationen für die Jahre 2025 (in Summe 10 Ladestationen), 2035 (ins Summe 60 Ladestationen) und 2045 (in Summe 84 Ladestationen).

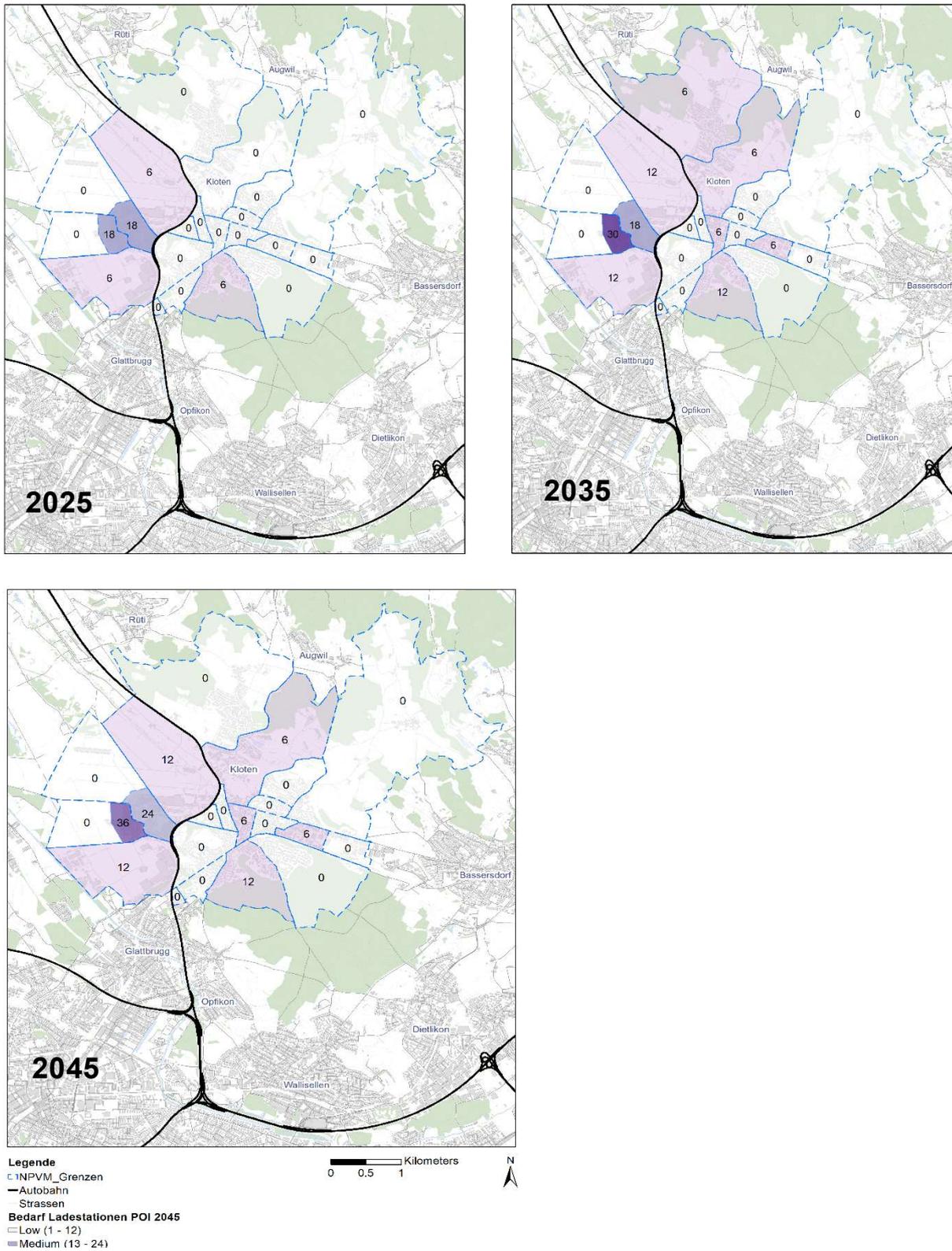


Abbildung 14: Bedarf an Ladestationen für die Kategorie Point of Interest für die Jahre 2025 (in Summe 54 Ladestationen), 2035 (in Summe 108 Ladestationen) und 2045 (in Summe 114 Ladestationen).

5. Ladeinfrastruktur städtische Liegenschaften

Die Stadt Kloten kann den Aufbau der Ladeinfrastruktur in städtischen Liegenschaften direkt beeinflussen.

In diesem Kapitel wird die Rolle der Stadt Kloten für die Ladeinfrastruktur bei den städtischen Liegenschaften definiert. Die Stadt ist hier relevant als Arbeitgeber und Vermieter. Die Grundsätze lauten: Mieterinnen und Mieter von städtischen Liegenschaften, sowie Angestellte der Stadt Kloten sind nachhaltig unterwegs. Die Stadt stellt eine bedarfsgerechte Ladeinfrastruktur zu Verfügung.

5.1 Grundlage

Um den Bedarf an Ladeinfrastruktur zu schätzen, werden fünf Ausbaustufe gemäss SIA 2060 differenziert (A, B, C1, C2, D). Die Ausbaustufe sind in Abbildung 15 dargestellt. Für jede Ausbaustufe sind verschiedene Investitionszeiträume definiert. Sie hängen von der Lebensdauer der Bausubstanz ab und sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Für den Investitionsbedarf in Ausbaustufe C berücksichtigt man den erwarteten Ladebedarf im Jahr 2050. Für die Ausbaustufe D ist der Ladebedarf innerhalb der nächsten 8 Jahre relevant. In dieser Analyse hat man den Ladeinfrastrukturbedarf für vier Jahre berechnet: 2025, 2030, 2035 und 2042.

Ausbaustufe	Investitionszeiträume	Lebensdauer
A	100 Jahre	Rohbaus
B	50 Jahre	Starkstromanlagen und Leitungen
C	15-50 Jahre	Leitungen und Steckdosen
D	8-15	Ladestation

Tabelle 4: Investitionszeiträume für die Ausbaustufe (SIA 2060).

Die Anforderungen an die Ladeinfrastruktur sind abhängig von den Nutzertypen. Anwohner städtischer Liegenschaften haben andere Ladebedürfnisse als Arbeitnehmer (Pendler) in städtischen Liegenschaften. Für die Anwohner rechnet man mit einem Ladepunkt pro Ladestation und einer Leistung von 11 kW. Für die Pendler rechnet man mit 2 Ladepunkten pro Ladestation und einer Leistung von entweder 11 kW oder 22 kW je Ladestation.

Die Formel um die Anzahl Ladestationen N_L im Jahr J zu berechnen lautet so:

$$N_L = N_p B E (J + 8),$$

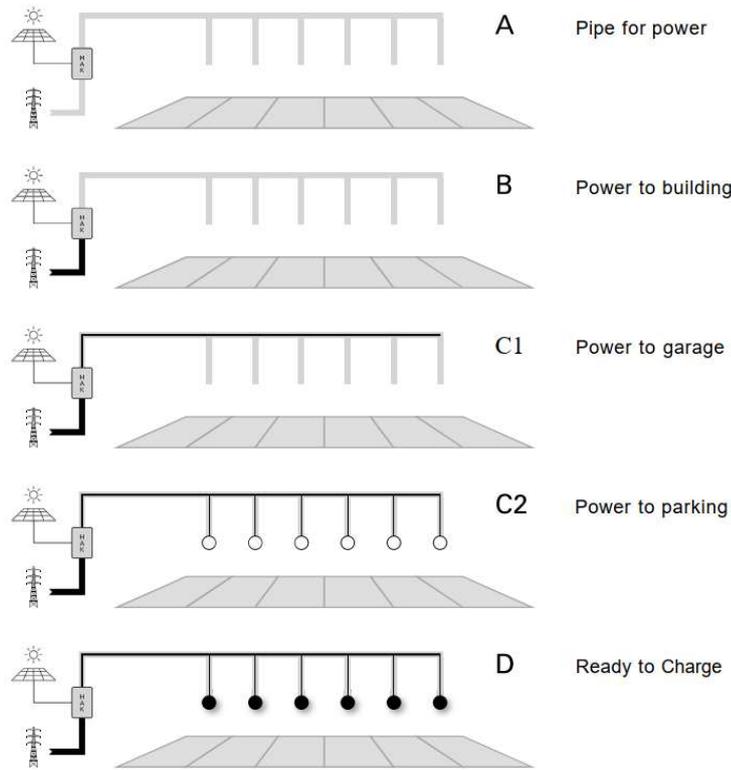


Abbildung 15: Ausbaustufen für die Ladeinfrastruktur.

wobei

- N_p ist die Anzahl Parkplätze an einem bestimmten Standort
- B ist der Bedarfsfaktor. Das ist 1 bei den Parkplätzen für Anwohner und 0.2 bei den Parkplätzen für Arbeitnehmer
- $E(J + 8)$ ist der erwartete Elektrifizierungsgrad in 8 Jahren nach dem Ausbau (Anteil elektrische Personenwagen an allen Personenwagen). Diese Werte sind, in Abbildung 16 zu finden.

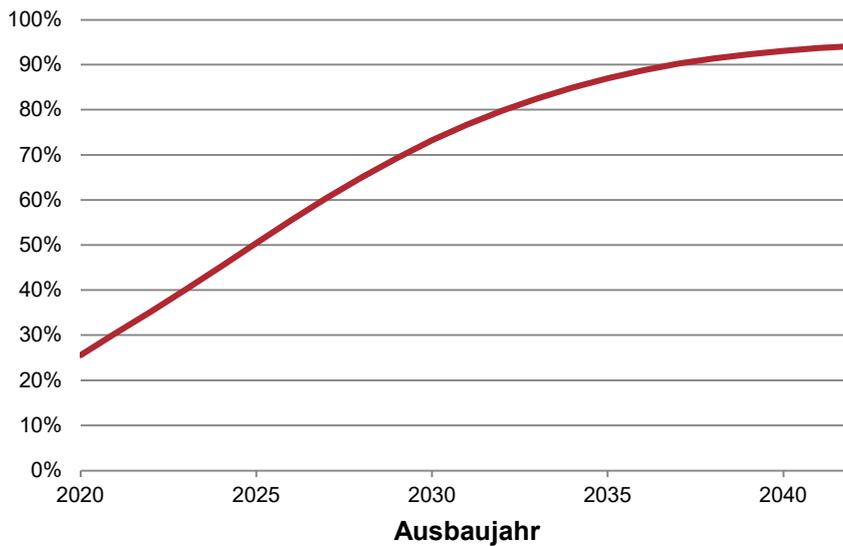


Abbildung 16: Elektrifizierungsgrad in Kloten 8 Jahre nach dem Ausbau.

5.2 Ladeinfrastrukturbedarf

Unter Anwendung der definierten Formel in Kapitel 5.1 ergeben sich für die städtischen Liegenschaften folgende Ladeinfrastrukturbedarfe (Tabelle 5 und Tabelle 6). Die Anzahl Ladestationen im Ausbaujahr X entspricht dem Bedarf im Jahr X+8.

	Parkplätze Anwohner	Ausbaustufe C2 heute	Ausbau- stufe D 2025	Aus- bau- stufe D 2030	Aus- bau- stufe D 2035	Aus- bau- stufe D 2042
Wohnhaus Geissberg 10+12	16	16	9	12	14	16
Wohnhaus Geissberg 22	12	12	7	9	11	12
Wohnhaus Kirchgasse 16-22	49	47	25	36	43	47
Wohnhaus Schaffhauserstrasse 136	33	32	17	25	29	32
Wohnhaus Schaffhauserstrasse 79	2	2	2	2	2	2
Wohnhaus Schaffhauserstrasse 81	5	5	3	4	5	5
Wohnhaus Zielgasse	6	6	4	5	6	6
Wohnhaus Chasernweg 20-24	9	9	5	7	8	9

Tabelle 5: Ladeinfrastrukturbedarf nach Jahr für Anwohner-Parkplätze bei städtischen Liegenschaften.

	Parkplätze Mitarbeiter	Ausbau- stufe C2 heute	Ausbau- stufe D 2025	Ausbau- stufe D 2030	Ausbau- stufe D 2035	Ausbau- stufe D 2042
Schulhaus Spitz Unterstufe	27	6	3	4	5	6
Hort Looren	15	3	2	3	3	3
KIGA Freienberg	5	1	1	1	1	1
KIGA Geissberg 2+3	3	1	1	1	1	1
KIGA Hamelirain	1	1	1	1	1	1
KIGA Hohrainli	13	3	2	2	3	3
Schule Hinterwiden	24	5	3	4	5	5
Schule Nägelimoos	26	5	3	4	5	5
Schule Pavillon Feld (2-stöckig)	10	2	2	2	2	2
Schulhaus Feld + Dorf	16	4	2	3	3	4
Schulhaus Spitz Oberstufe	20	4	3	3	4	4
Zentrum Schluefweg	3	1	1	1	1	1
Tiefbau/Unterhalt/Forst	10	2	2	2	2	2
Sicherheit	5	1	1	1	1	1
Pflegezentrum Spitz	50	10	6	8	9	10

Stadthaus Tiefgarage	118	23	12	18	21	23
----------------------	-----	----	----	----	----	----

Tabelle 6: Ladeinfrastrukturbedarf nach Jahr für Arbeitnehmer-Parkplätze bei städtischen Liegenschaften.

5.3 Kostenschätzung

Die Kostenschätzung basiert auf SIA 2060 und auf EBP-Marktstudien. Sie ist als eine grobe Kostenschätzung zu verstehen. Für eine genauere Kostenschätzungen sind technische Abklärungen für jedes Gebäude durchzuführen. Insbesondere muss man abklären, ob und an welchen Standorten allenfalls Leistungserhöhungen notwendig werden.

Die Kostenschätzung ist in drei Kategorien aufgeteilt: Netzerschliessung (Ausbaustufe A und B), Basisinfrastruktur (Ausbaustufe C1 und C2) und die Ladestation mit Lademanagement und inklusiv Installation (Ausbaustufe D).

Für eine benötigte Leistung unter 20 kW unter Berücksichtigung eines Lademanagement wurde es angenommen, dass eine Erhöhung der angeschlossenen Leistung nicht nötig ist. Die Anschlussgebühren sind für 15 Meter Tiefbau Grabarbeit angegeben.

Die Kosten für die Anwohnerparkplätze sind in Tabelle 7 aufgeführt und die für die Arbeitnehmer in Tabelle 10.

5.4 Betreibermodell

Die Stadt Kloten plant und finanziert den Aufbau der Basisinfrastruktur in städtischen Liegenschaften und beauftragt einen privaten Anbieter für den Bau und Betrieb der Ladestationen inklusiv Abrechnung. Die Stadt Kloten plant zurzeit dafür keine Standortmiete vom Betreiber zu verlangen, um die Basisinvestitionen zu refinanzieren. Hingegen wird abgeklärt, ob die Miete der Parkplätze erhöht wird.

Anwohner	Benötigte Leistung [kW]	Netzerschliessung (B)		Basisinfrastruktur (C1-C2)	Ladeinfrastruktur (D)			
		Anschlussgebühren	Netzkostenbeitrag		Ladestation 2025	Ladestation 2030	Ladestation 2035	Ladestation 2042
Wohnhaus Geissberg 10+12	60	8'300	6'700	13'800	16'200	21'600	25'200	28'800
Wohnhaus Geissberg 22	50	6'600	5'300	11'600	12'600	16'200	19'800	21'600
Wohnhaus Kirchgasse 16-22	122	10'500	13'500	30'850	45'000	64'800	77'400	84'600
Wohnhaus Schaffhauserstrasse 136	95	10'500	10'500	22'600	30'600	45'000	52'200	57'600
Wohnhaus Schaffhauserstrasse 79	15			2'000	3'600	3'600	3'600	3'600
Wohnhaus Schaffhauserstrasse 81	28	6'000	3'000	5'000	5'400	7'200	9'000	9'000
Wohnhaus Zielgasse	32	6'000	3'500	6'000	7'200	9'000	10'800	10'800
Wohnhaus Chasernweg 20-24	41	6'500	4'500	9'000	9'000	12'600	14'400	16'200

Tabelle 7: Kostenschätzung in CHF bei den Anwohnerparkplätzen.

Mitarbeiter	Benötigte Leistung [kW]	Netzerschliessung (B)		Basisinfrastruktur (C1-C2)	Ladeinfrastruktur (D)			
		Anschlussgebühren	Netzkostenbeitrag		Ladestation 2025	Ladestation 2030	Ladestation 2035	Ladestation 2042
Schulhaus Spitz Unterstufe	32	6'000	3'500	6'000	4'800	6'000	7'800	9'000
Hort Looren	20	6'000	2'300	3'000	3'000	4'800	4'800	4'800
KIGA Freienberg	10			1'000	1'800	1'800	1'800	1'800
KIGA Geissberg 2+3	10			1'000	1'800	1'800	1'800	1'800
KIGA Hamelirain	10			1'000	1'800	1'800	1'800	1'800
KIGA Hohrainli	20	6'000	2'300	3'000	3'000	3'000	4'800	4'800
Schule Hinterwiden	28	6'000	3'000	5'000	4'800	6'000	7'800	7'800
Schule Nägelimoos	28	6'000	3'000	5'000	4'800	6'000	7'800	7'800
Schule Pavillon Feld (2-stöckig)	15			2'000	3'000	3'000	3'000	3'000
Schulhaus Feld + Dorf	24	6'000	2'700	4'000	3'000	4'800	4'800	6'000
Schulhaus Spitz Oberstufe	24	6'000	2'700	4'000	4'800	4'800	6'000	6'000
Zentrum Schluefweg	10			1'000	1'800	1'800	1'800	1'800
Tiefbau/Unterhalt/Forst	15			2'000	3'000	3'000	3'000	3'000
Sicherheit	10			1'000	1'800	1'800	1'800	1'800
Pflegezentrum Spitz	44	6'600	5'000	10'500	9'000	12'000	13'800	15'000
Stadthaus Tiefgarage	76	8'200	8'500	17'650	18'000	27'000	31'800	34'800

Tabelle 8: Kostenschätzung in CHF bei den Mitarbeiterparkplätzen.

6. Betreibermodell für die öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur und Empfehlungen

Bei der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur will die Stadt Kloten eine subsidiäre Rolle spielen. Sie will nicht die Ladestationen aufbauen und betreiben. Die Stadt Kloten übernimmt ihre Verantwortung als Eigentümerin des öffentlichen Grundes mit attraktiven Standorten. Sie nimmt beim Aufbau der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur eine koordinierende Rolle ein, um ein bedürfnisgerechtes und effizientes Ladenetz zu ermöglichen und wird als Projektpartnerin in die Ladeinfrastrukturprojekte involviert.

Die drei öffentliche Ladeinfrastruktur Kategorien weisen folgende Eigenschaften auf:

- Laden an öffentlich zugänglichen Ladestationen im Wohnquartier: Laden erfolgt primär über Nacht, das heisst, dass mit einem Ladevorgang pro Tag zu rechnen ist. An diesem Standort sind relativ tiefe Investitionskosten, wenig Ladevolumen und beschränkte Zahlungsbereitschaft der Kunden einzukalkulieren. Als Grundeigentümerin, entscheidet die Stadt, an welchen Standorten die Ladestationen gebaut werden dürfen.
- POI: Mehrere Ladevorgänge pro Tag, die zwischen 30 Minuten und 2 Stunden dauern. AC-Ladestationen an POI weisen tiefe Investitionskosten auf. DC-Ladestationen sind mit höheren Investitionskosten verbunden. Das Ladevolumen ist zu maximieren, allerdings besteht insbesondere bei AC-Ladestationen eine beschränkte Zahlungsbereitschaft der Kunden. Für POI auf privatem Grund nimmt die Stadt nur eine koordinierende Rolle ein. Für POI auf öffentlichem Grund definiert die Stadt die Standorte und sucht einen Betreiber.
- Fast: Viele Ladevorgänge, die zirka 15 Minuten dauern, sind möglich. Bei Schnellladestationen sind hohe Investitionskosten, hohes Ladevolumen und hohe Zahlungsbereitschaft einzukalkulieren. Die Rolle der Stadt ist hier analog zu ihrer Rolle bei POI-Ladestandorte.

Betreibermodell

Die Stadt Kloten will nicht Ladestationen bauen und betreiben. Grundsätzlich wird an geeigneten Standorten, und dort wo keine Alternativen auf privatem Grund zur Verfügung stehen, der öffentliche Grund zur Verfügung gestellt:

- Die Stadt definiert aus Bedarfs-, Verkehrs- und Netzsicht geeignete Standorte für öffentlich zugängliche Ladestationen auf öffentlichem Raum mit einem Standorttool (z.B. Localizer).
- Die Stadt finanziert als Grundeigentümerin den Aufbau der Basisinfrastruktur inkl. Netzerschliessung. Die Bauarbeiten werden mit anderen Infrastrukturausbauten (z.B. Wasser oder Elektrizitätsleitung) koordiniert.
- Mittels einer Ausschreibung sucht die Stadt private Ladestationsbetreiber für die Standorte. Die Standorte werden so an privaten Anbietern konzessioniert. Wir empfehlen eine Konzessionsdauer von mindestens 10 Jahre.

Wir empfehlen die Standorte nicht einzeln, sondern in Paketen von mehreren Standorten zu vergeben.

- Die Stadt schreibt Eckpunkte des Betriebskonzepts (z.B. Möglichkeit das E-Fahrzeug über Nacht in Wohnquartieren an der Ladestation zu lassen, ohne sehr hohe Tarife zu bezahlen) vor, lässt den privaten Anbietern aber möglichst viel Freiheiten.
- Der private Anbieter finanziert die Ladeinfrastruktur und ist für den Betrieb, Unterhalt und Abrechnung verantwortlich.
- Die Stadt erhebt eine Standortmiete und oder eine Konzessionsgebühr auf den Ladetarif zur Amortisation der Kosten für die Basisinfrastruktur.

Die genauen Details zur Ausschreibung und zum Betreibermodell und Betriebskonzept sind noch auszuarbeiten.

6.2 Kostenschätzung

Die Kostenschätzung für den Aufbau der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur basiert auf SIA 2060 und auf EBP-Marktstudie. Sie ist als eine grobe Kostenschätzung zu verstehen.

Für die Ausbaustufen, Investitionszeiträume, Lebensdauer gelten ebenfalls die Bemerkungen im Kapitel 5.1. Die Investitionskosten für die Basisinfrastruktur und Netzerschliessung müssen nur einmal verrechnet werden. Bei der Ausbaustufe D (Ladestation), hingegen, berücksichtigt die Kostenschätzung, dass die Ladestationen nach 10 Jahren ersetzt werden müssen.

Die Tabelle 9 zeigt den heutigen Stand bei der Ladeinfrastruktur in der Stadt Kloten.

Kategorie	11 kW	22 kW	50 kW
Point of interest (POI)	59	10	1
Ladestationen im Wohnquartier	0	4	0
Schnellladestationen (Fast)	0	0	0

Tabelle 9: Anzahl heutiger Ladestationen in Kloten nach Kategorie und Leistung.

Der Kostenberechnung für Ausbaustufe D, inklusiv Installation, wurden die folgenden Annahmen zugrunde gelegt: 1'800 CHF für Ladestationen im Wohnquartier (Leistung 11 kW), 2'000 CHF für Point of Interest (Leistung 22 kW), 80'000 CHF für die Schnellladestationen (100 kW).

Die Tabelle 10 ergibt den Bedarf an Ladestationen für die drei Kategorien und für die Jahre 2025, 2030, 2035 und 2042. Für jedes Jahr ist die totale Anzahl der benötigten Ladestationen angegeben, die Anzahl der Ladestationen, die zu ersetzen sind und die Anzahl der Ladestationen, die neu zu bauen sind. Die Tabelle 11 zeigt die Kosten für die öffentlich zugänglichen Ladestationen.

Anzahl Ladestationen	Stand heute	Ausbau 2025 (basierend auf Bedarf 2033)			Ausbau 2030 (basierend auf Bedarf 2038)			Ausbau 2035 (basierend auf Bedarf 2043)			Ausbau 2042 (basierend auf Bedarf 2050)		
		Total	Zu ersetzen	Neue									
POI	80	113	0	33	115	80	2	116	33	1	96	2	0
Home öffentlicher Grund	4	55	0	51	74	4	19	84	51	10	90	19	6
Fast	0	6	0	6	10	0	4	12	6	2	12	4	0

Tabelle 10: Anzahl benötigte Ladestationen nach Kategorie und Ausbaujahr. Die Anzahl Ladestationen zu bauen im Jahr X entsprechend den Bedarf im Jahr X + 8 (siehe Kapitel 5.1)

Kategorie	Netzerschliessung (A-B)		Basisinfrastruktur (C1-C2)	Ladeinfrastruktur (D)							
	Anschlussgebühren	Netzkostenbeitrag		Ladestationen Ausbau 2025		Ladestationen Ausbau 2030		Ladestationen Ausbau 2035		Ladestationen Ausbau 2042	
				Neue	Ersatz	Neue	Ersatz	Neue	Ersatz	Neue	Ersatz
POI	116'000	80'000	270'000	59'400	0	3'600	144'000	1'800	59'400	0	4'320
Home öffentlicher Grund	90'000	43'000	210'000	102'000	0	38'000	8'000	20'000	102'400	12'000	38'400
Fast	60'000	120'000	240'000	480'000	0	320'000	0	160'000	480'000	0	288'000

Tabelle 11: Investitionskosten in CHF für die öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur.

Wie oben erklärt, übernimmt die Stadt die Kosten für Basisinfrastruktur und Netzerschliessung, sofern die Ladestation auf öffentlichem Grund steht. Die oben aufgeführten Kosten betreffen alle öffentlich zugänglichen Ladestationen, auch jene auf privatem Grund, bei denen die Stadt keine Kosten übernimmt. Es wurde folgende Annahme getroffen: Die Stadt bezahlt 100% der Basisinfrastruktur für die öffentlich zugänglichen Ladestationen in Wohnquartieren und ein Drittel der Ladestationen in den Kategorien POI und Fast. Die Stadt bezahlt nicht die Kosten für die Ladeinfrastruktur (D) für die öffentlich zugängliche Ladestationen.

Damit kommt man auf folgende Beträge für die Stadt Kloten: 343'000 CHF für öffentlich zugängliche Ladestationen in Wohnquartieren, 156'000 CHF für POI und 140'000 CHF für Fast. Der Investitionsbedarf der Stadt Kloten für öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur beträgt 640'000 CHF. Die mit diesem Betrag finanzierte Basisinfrastruktur und Netzerschliessung deckt den Bedarf bis mindestens 2050.

Findet der Ausbau der Basisinfrastruktur verhältnismässig zum steigenden Ladebedarf statt, ist es zu erwarten, dass die erste Hälfte der Kosten zwischen heute und 2028 anfallen und die zweite Hälfte zwischen 2028 und 2040. Da jedoch die Basisinfrastruktur aufgrund dessen höherer Lebensdauer für den langfristigen Ladebedarf dimensioniert wird, kann es von Fall zu Fall sinnvoll sein, dessen Ausbau vorzuziehen, damit dies mit anderen (allenfalls früher anfallenden) Infrastrukturbauten (z.B. Wasser- oder Stromleitung) koordiniert werden kann.

7. Quellen

ARE, 2022	Bundesamt für Raumentwicklung ARE, <i>Schweizerische Verkehrsperspektiven 2050</i> , 2022.
BFS, 2022	Bundesamt für Statistik, <i>Strassenfahrzeuge</i> , https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/verkehrsinfrastruktur-fahrzeuge/fahrzeuge/strassenfahrzeuge-bestand-motorisierungsgrad.html#-875701140
EBP, 2022	EBP, <i>Electric and Hydrogen Mobility Scenarios Switzerland 2022</i> , 2022. https://www.ebp.ch/sites/default/files/2022-06/2022-05-16_EBP_Electric_Hydrogen_Scen_Switzerland_2022.pdf
EnergieSchweiz, 2021	EnergieSchweiz, <i>Elektromobilität für Gemeinden</i> , 2021. https://www.local-energy.swiss/programme/mobilitaet/elektromobilitaet-fuer-gemeinden.html
EnergieSchweiz, 2022	EnergieSchweiz, <i>Fahr mit dem Strom</i> , 2022. https://www.energieschweiz.ch/programme/fahr-mit-dem-strom/umwelt/
Kloten, 2022	Schule Kloten ZH, <i>Schulraumplanung 2021/22</i> , 2022
McKinsey, 2021	McKinsey & Company, <i>Why the automotive future is electric</i> , https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/why-the-automotive-future-is-electric
PSI 2020	Paul Scherrer Institut, <i>Mobilität von Morgen</i> , 2020
SIA, 2020	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, <i>Infrastruktur für Elektrofahrzeuge in Gebäuden</i> (SIA 2060)