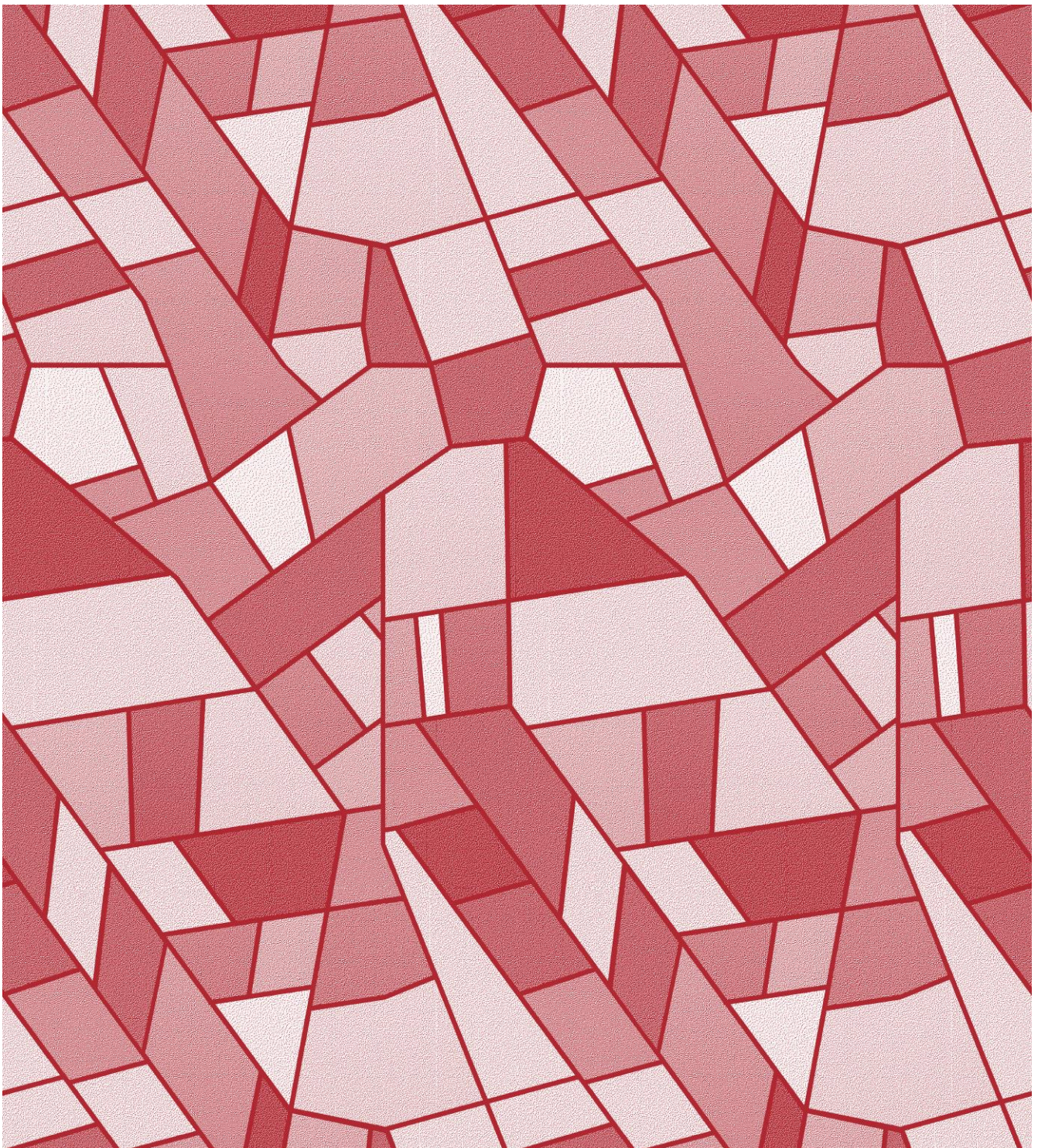


Umsetzungskonzept Ladeinfrastruktur Stadt Kloten

Schlussbericht
Oktober 2023



Projektteam

Silvan Rosser, EBP
Michele Chamberlin, EBP

Daniel Martinelli, Stadt Kloten
Marc Osterwalder, Stadt Kloten
Philipp Edelmann, Industrielle Betriebe Kloten

Druck: 9. Januar 2024

9. Januar 2024

Zusammenfassung

Aufbauend auf dem Grundlageprojekt «Stadt Kloten: Konzept für elektrische Ladestationen» (Oktober 2022), welches die Entwicklung der Elektromobilität in der Stadt Kloten aufzeigt, wurden in diesem Umsetzungskonzept konkrete Standorte für den Ausbau der öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur hinsichtlich Anschlussbedürfnisse (Stromnetz), Ladebedarf, Ausbaupotenzial, Investitions- und Betriebskosten sowie Betreibermodellen analysiert. Es wurden 12 Standorte betrachtet, von denen sich 9 Standorte als geeignet erwiesen. Dies aufgrund von idealer Lage, potenzial für Ladebedarf in unmittelbarer Umgebung, sowie geeigneter vorhandener Anschlussleistung in Nähe der Standorte.

Ebenfalls wurde in diesem Konzept die Rolle der Stadt beim Ausbau der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur (Home District und POI) definiert, wobei die Stadt Kloten sich entschied öffentlichen Grund einem Betreiber zur Verfügung zu stellen und einen Teil der Investitionen vorzufinanzieren. Der Stadt Kloten stehen in der ausgewählten Rolle unterschiedliche Möglichkeiten zur Verfügung. Die getätigten Vorinvestitionen können entweder über fixe Standortmieten der Ladestandorte oder über Konzession pro geladener Energiemenge mit dem Betreiber refinanziert werden.

Für die 9 Standorte betragen die Investitionskosten für Netzerschliessung und Basisinfrastruktur, welche die Stadt vorfinanzieren würde, zwischen 550'000 und 650'000 CHF. Im Beispiel einer Konzession von 3 Rp./kWh (unter den getroffenen Annahmen für die totale Energiemenge), welche die Stadt erhebt und der Betreiber bezahlt, würde nach rund 15-17 Jahren die Investition der Stadt refinanziert werden. Das Ziel aus Sicht der Stadt ist den Standort Kloten attraktiv für die AnwohnerInnen, z.B. mit ausreichender Ladeinfrastruktur, und für Ladestandortbetreiber zu gestalten. Aus Sicht des Betreibers, welcher die Ladeinfrastruktur finanziert, den Betrieb abwickelt und dessen Kosten trägt, sowie eine Standortmiete oder Konzession an die Stadt abgibt, hat sich in der Planerfolgsrechnung mit den ausgewählten Annahmen ergeben, dass zusätzlich zu den extern entstehenden Stromkosten (Stromtarife von ibk) eine Gebühr von 13 Rp./kWh nicht nur kostendeckend, sondern betrieblich attraktiv ist.

Inhalt

1.	Einleitung	5
2.	Ausgangslage und Entwicklung der Elektromobilität in Kloten	5
2.1	Bedarf an Ladeenergie und Ladeinfrastruktur	6
3.	Standortauswahl	9
3.1	Gebiete mit erhöhtem Ladebedarf an allgemein zugänglichen Ladepunkten (Ladebedarf-Hotspots)	9
3.2	Auswahlverfahren möglicher Standorte	11
3.3	Priorisierte Standorte	12
3.4	Realisierungsempfehlung EBP und Entscheidung Stadt	15
4.	Planerfolgsrechnung und Tarifierung	17
4.1	Betriebswirtschaftliche Kennzahlen	18
4.2	Investitionszeiträume	19
4.3	Annahmen	20
4.4	Ergebnisse	21

1. Einleitung

Dieser Bericht baut auf dem Grundlageprojekt «Stadt Kloten: Konzept für elektrische Ladestationen» (Oktober 2022) auf und soll als Ergänzung zu genanntem Bericht gelesen werden. Im Grundlagenprojekt wird die allgemeine Entwicklung der Elektromobilität in der Stadt Kloten sowie mögliche Handlungsschritte aufgezeigt. Im vorliegenden Konzept wird spezifisch auf die Ladeinfrastruktur im öffentlich zugänglichen Raum eingegangen. Dies beinhaltet eine Standortanalyse für den Aufbau der Ladeinfrastruktur sowie die Auswahl und Schärfung möglicher Betreibermodelle in Kloten. Hierfür werden spezifisch die Ladebedürfnisse «Laden im Quartier» (District charging) und «Laden am Zielort» (Point of Interest bzw. POI) berücksichtigt. Weitere Ladebedürfnisse (z.B. Heimpladen und Schnellladen), die ebenfalls ein wichtiger Bestandteil für die breitflächige Elektrifizierung des Fahrzeugbestands sind, werden in diesem Konzept nicht behandelt.

Aufgrund der Ergebnisse des Grundlageprojekts wurden hier besonders ausbaubedürftige Gebiete gesucht, wofür unter Berücksichtigung der Diskussionsinputs mit der Arbeitsgruppe der Stadt Kloten, mögliche Standorte analysiert und eine standortspezifische Kostenschätzung erstellt wurde. Abschliessend wurde über den Gesamtausbau der Ladeinfrastruktur in Kloten eine Planerfolgsrechnung erstellt.

2. Ausgangslage und Entwicklung der Elektromobilität in Kloten

Die Ausgangslage sowie die Entwicklung wurden bereits im Grundlageprojekt ausführlich erläutert. Hier handelt es sich um eine Zusammenfassung der Ergebnisse, zur Kontextualisierung des aktuellen Projekts. Der Motorisierungsgrad in Kloten liegt über dem Kantonalen und unter dem Schweizer. Bei der Betrachtung der Entwicklung des Bestands von Personenwagen nach Antriebstechnologie in Abbildung 1 zeigt sich, dass Im Jahr 2030 ca. 23% der Personenwagen rein elektrisch sein werden, im Jahr 2050 erreicht dieser Anteil 93%. Plug-in Hybride spielen nur mittelfristig eine Rolle und Wasserstoff-Brennstoffzellen werden einen nur tiefen Marktanteil bei Personenwagen haben.

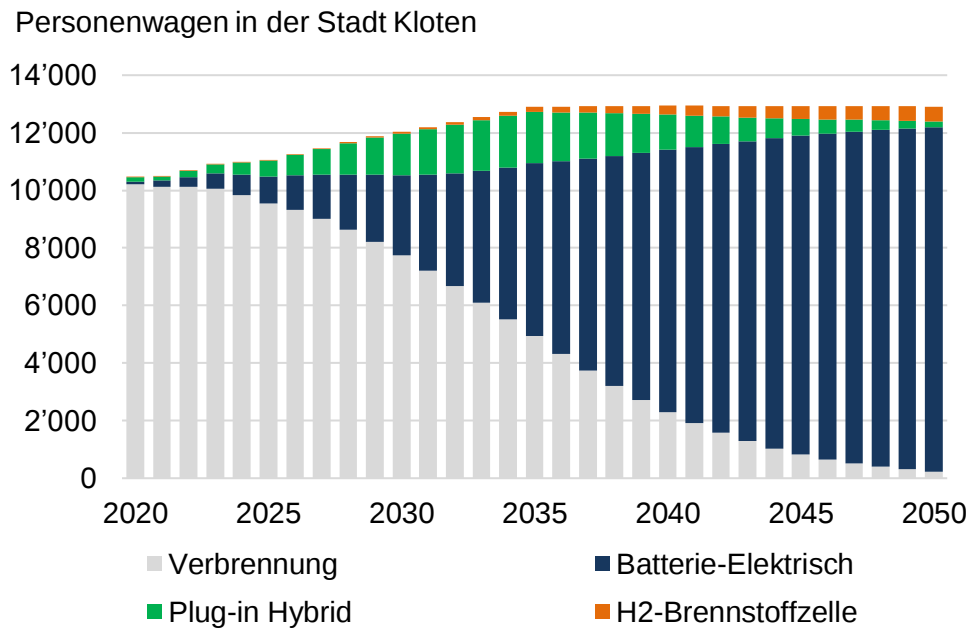


Abbildung 1 Prognose für den Bestand von Personenwagen in Kloten nach Antriebstechnologie.

2.1 Bedarf an Ladeenergie und Ladeinfrastruktur

Die Anzahl Elektrofahrzeuge werden, wie in Abbildung 1 dargestellt, in den nächsten Jahren stetig zunehmen. Daraus kann man den Ladebedarf in Bezug auf die benötigte Energie sowie auch die Anzahl Ladepunkte ableiten.

Abbildung 2 zeigt den benötigten Ladeenergiebedarf in Kloten für Vollelektrische und Plug-In Hybride, in der Entwicklung bis 2050. Nach einer stetigen Zunahme bis 2040, stabilisiert sich der Strombedarf, da bis dahin einerseits die Marktdurchdringung der Elektrofahrzeuge beinahe vollständig erfolgt ist, sowie in zukünftigen Jahren mit effizienzgewinnen zu rechnen ist.

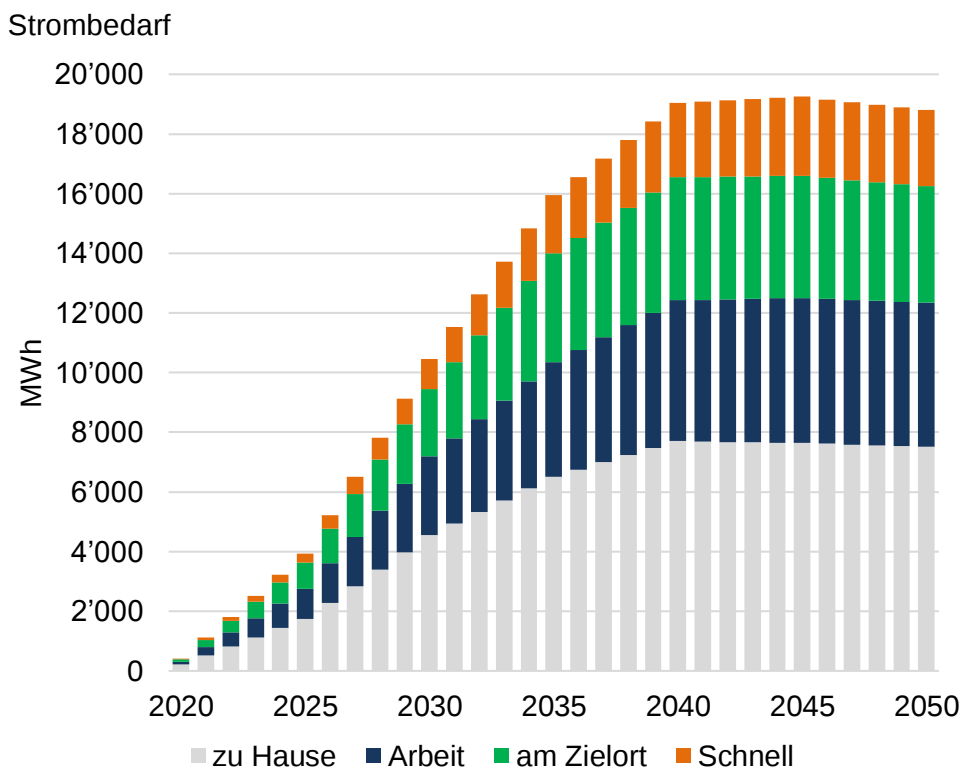


Abbildung 2 Ladebedarf in Kloten nach Kategorie

Aus der Ladeenergie in Kloten lässt sich die Anzahl benötigte Ladepunkte errechnen, um den Bedarf zu decken.

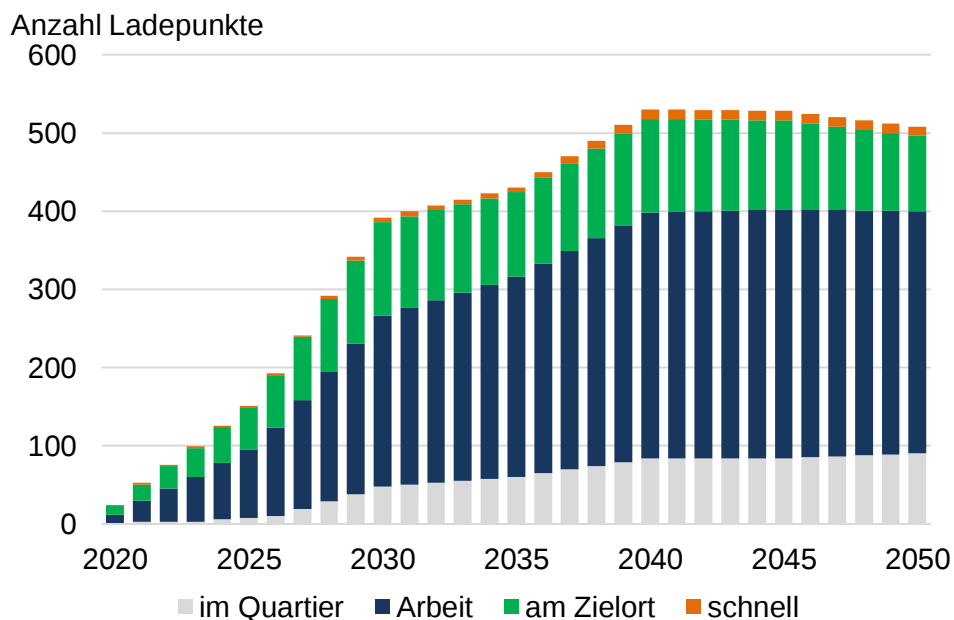


Abbildung 3 Anzahl Ladepunkte nach Kategorie: zu Hause, Arbeitsplatz, Zielort, Schnellladen.

In Abbildung 3 ist die benötigte Anzahl Ladepunkte pro Kategorie dargestellt, wobei die Heimpladestationen in Abbildung 4 einzeln dargestellt sind, da diese alleine einen grossen Teil aller Ladepunkte ausmachen.

Die Stadt Kloten ist nicht zuständig für alle benötigten allgemein zugänglichen Ladepunkte: sie koordiniert primär aber springt punktuell ein (koordinativ und finanziell), um eine grossflächige Deckung des Ladebedarfs in Kloten sicherzustellen.

Anzahl Heimladepunkte

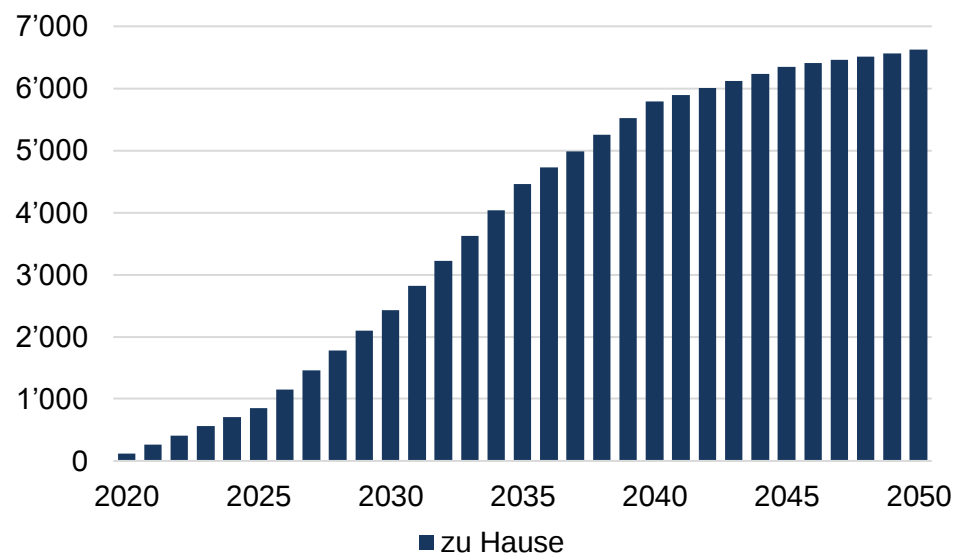


Abbildung 4 Anzahl Heimladepunkte in der Stadt Kloten

3. Standortauswahl

Dieses Kapitel betrachtet den Ladebedarf bei den allgemein zugänglichen Ladepunkten der Ladetypen District charging (Laden im Quartier) und Laden am Zielort (POI) und analysiert welche Standorte sich am besten eignen, um diesen Ladebedarf abzudecken. Insbesondere bei diesen Ladestationstypen kann sich die Stadt Kloten aktiv einbringen und deren Entwicklung koordinieren.

Als Referenz wurde der Bedarf im Jahr 2035 berücksichtigt. Die kalkulatorische Amortisationsdauer für eine Ladestation liegt zwischen 8 und 12 Jahren. Für die Basisinfrastruktur ist dies deutlich länger. Eine langfristige Sicht ist entsprechend notwendig, damit die konkreten Investitionen und Bauarbeiten geplant werden können. Insbesondere die Grabarbeiten für die Basisinfrastruktur sollen nach Gelegenheit mit anderen Infrastrukturausbauten (z.B. Wasser- oder Elektrizitätsleitung) koordiniert werden. Wie in Abbildung 3 ersichtlich ist, steigt der Bedarf an allgemein zugänglichen Ladepunkten nach 2035 nur geringfügig. Darum besteht nicht die Gefahr, dass mit dem Referenzjahr 2035 der Bedarf bei einer Vollelektrifizierung (2050) stark unterschätzt wird.

Grundsätzlich basiert das Verfahren auf folgenden Schritten:

1. Der erwartete Ladebedarf wird im Hektarraster (100m x 100 m) modelliert: dies ermöglicht die Identifizierung von Gebieten mit erhöhtem Ladebedarf (Hotspot).
2. Bewertung der Bedarf-Hotspots bezüglich Verfügbarkeit von genügend Parkplätzen in Bezug auf die Anzahl benötigter Ladepunkte, sowie benötigter Ladeleistung
3. Spezifische Standortauswahl für jedes Gebiet mit erhöhtem Ladebedarf an allgemein zugänglichen Ladepunkten (Zuweisung Bedarf Hotspot – Standort)
4. Priorisierung der Standorte unter Einbezug von Vertretern der Stadt anhand lokalen Wissens

3.1 Gebiete mit erhöhtem Ladebedarf an allgemein zugänglichen Ladepunkten (Ladebedarf-Hotspots)

Mit Hilfe des EBP-Localizers wurde in einem weiteren Schritt eine feinere Verteilung des Ladebedarfs im Hektarraster modelliert. Das Modell berücksichtigt je nach Ladetyp (Laden im Quartier und Laden am Zielort, in diesem Fall) unterschiedliche Aspekte. Für das Laden im Quartier werden für jede Hektare alle Gebäude nach Nutzung (Wohnen, betriebliche- oder Mischnutzung), aufgeteilt sowie, unter anderem, deren Verfügbarkeit an Einstellplätzen (keine Einstellplätze erhöhen die Wahrscheinlichkeit für ein Bedarf an Laden im Quartier) berücksichtigt. Für das Ladebedürfnis Laden am Zielort werden die Grösse und Anzahl an Interessensobjekte je Betrachtungsgebiet (z.B. Hektare) für die Bedarfsgewichtung berücksichtigt.

Es gibt Hektaren, die Hotspots für zwei Kategorien (zum Beispiel Laden im Quartier und Laden am Zielort) enthalten. Für Kloten ergeben sich 8

Hotspots. In Abbildung 5 sind die Hotspots für das Laden im Quartier dargestellt. Wenn man dies mit den Hotspots für das Laden am Zielort vergleicht in Abbildung 6 fallen diese meist zusammen, einzig Hotspot 8 (Flughafen) enthält nur Laden am Zielort.

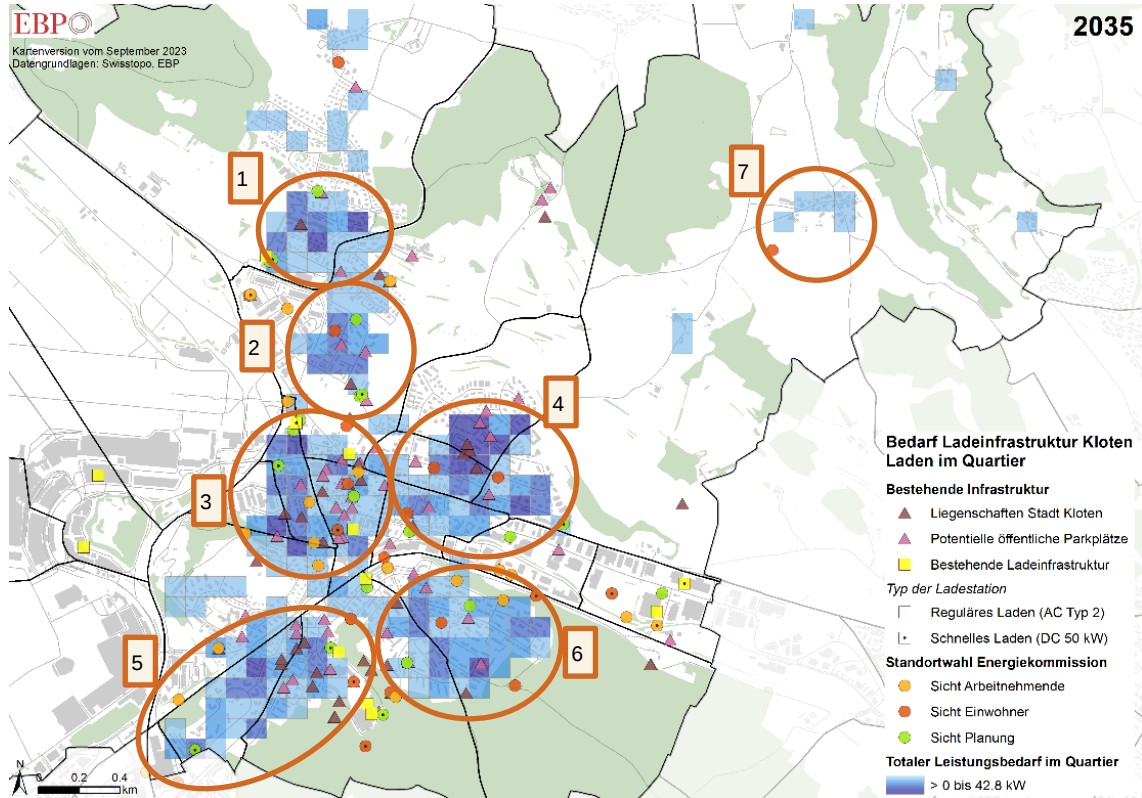


Abbildung 5 Hotspots des Ladebedarfs im Quartier in der Stadt Kloten im Hektarraster.

In der Annahme, dass Zielorte (z.B. Einkaufsmöglichkeiten) unabhängig vom Einwirken der Stadt Kloten eine bedarfsgerechte Ladeinfrastruktur errichten werden, wird hier der Ausbaufokus auf diejenigen Standorte mit erhöhtem Laden-im-Quartier-Bedarf gelegt. Allerdings, um mögliche Synergien zu nutzen, wird der in der Umgebung liegende Bedarf an Laden am Zielort ebenfalls in die Ausbaudimensionierung miteinbezogen.

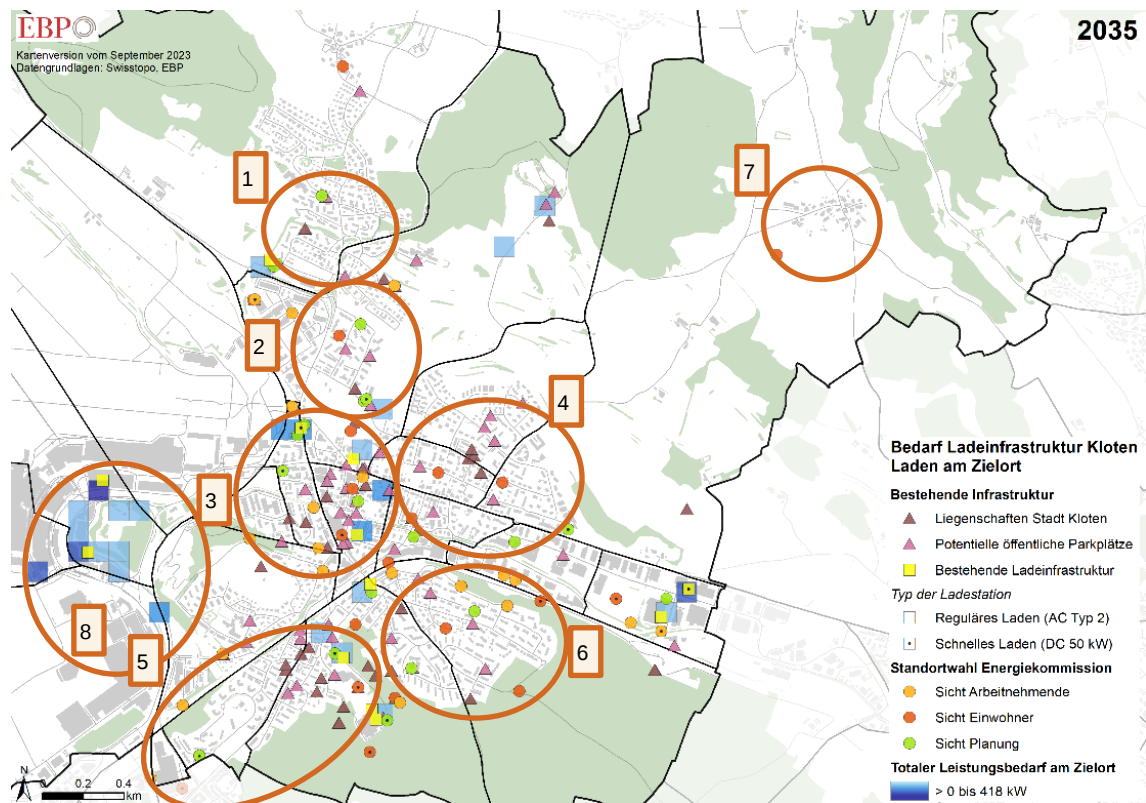


Abbildung 6 Hotspots des Ladebedarfs am Zielort in der Stadt Kloten im Hektarraster (Hotspots 1-7 als Referenz aus Abbildung 5 übernommen).

3.2 Auswahlverfahren möglicher Standorte

Anhand der Lage der Hotspots wurden in enger Zusammenarbeit mit der Stadt Kloten mögliche Parkplätze eruiert, wo der Aufbau der Ladeinfrastruktur hinsichtlich umliegendem Ladebedarf und Verkehrsanbindung sinnvoll sowie netztechnisch machbar ist. Die heute schon bestehenden allgemein zugänglichen Ladepunkten wurden in die Planung der Standorte berücksichtigt.

Die ausgewählten Standorte sollen möglicherweise sogleich den Ladebedarf am Zielort (POI), wie auch den Ladebedarf des Ladens im Quartier (District charging) abdecken. Bei einem Schulhausparkplatz wäre dies, zum Beispiel, der Bedarf der MitarbeiterInnen, SchülerInnen und BesucherInnen der Schule tagsüber, wie auch der Ladebedarf im Quartier der unmittelbaren Umgebung nachtsüber und am Wochenende. Die Standorte wurden hinsichtlich Ladeinfrastruktur dimensioniert, um mit den verfügbaren Parkplätzen den Ladebedarf möglichst gut abzudecken, unter Berücksichtigung neuer Bauvorhaben, die einen Einfluss auf die Ladeverhältnisse haben, sowie unter der Berücksichtigung, dass gewisse allgemein zugängliche Ladestandorte auf privaten Flächen entstehen werden (z.B. bei Einkaufsläden) und möglicherweise einen Teil des Bedarfs auf sich ziehen werden.

Die Besitzverhältnisse wurden auch berücksichtigt. Die Stadt Kloten kann mehr Einfluss nehmen, wenn sie den Grund besitzt oder wenn eine Zusammenarbeit zum Beispiel mit dem Kanton besteht. Im Grundlageprojekt wurden bereits viele mögliche Standorte gelistet für den Ausbau in städtischen Liegenschaften. Diese sind folglich auch in ihrem Besitz. In Abbildung 6 sind Liegenschaften der Stadt Kloten, potenzielle öffentliche Parkplätze sowie bestehende Ladeinfrastruktur markiert. Für die weitere Eingrenzung wurde insbesondere die Anzahl der verfügbaren Parkplätze am Standort und in der Nähe untersucht. Grundsätzlich sollte man auch bei der Vollelektrifizierung nicht mehr als 20-30% der allgemein zugänglichen Parkplätze an einem Standort mit Ladeinfrastruktur ausrüsten. Liegt aber eine gemischte Nutzung vor (zB MitarbeiterInnen und AnwohnerInnen), kann der Richtwert für die Elektrifizierung standortspezifisch und dem Bedarf entsprechend angepasst werden.

Schliesslich suchte man auch Standorte, wo verschiedene Nutzerbedürfnisse an einem Ladeort befriedigt werden können. Ein Beispiel dafür ist der Parkplatz bei der Bibliothek, der während dem Tag von Mitarbeitern oder Besuchern genutzt wird und in der Nacht die Bedürfnisse der Kategorie Laden im Quartier abdecken kann.

3.3 Priorisierte Standorte

Die Stadt Kloten möchte aus den oben erwähnten beiden Kategorien Laden im Quartier und Laden am Zielort besonders in der Kategorie Laden im Quartier eine aktive Rolle einnehmen beim Aufbau der Ladeinfrastruktur. Daher wurde entschieden hier primär die Standorte dieser Kategorie zu fokussieren.

Aufgrund der in Abschnitt 3.2 definierten Einschränkungen wurde entschieden die 12 Standorte zu priorisieren, die in Tabelle 1 gelistet sind und in Abbildung 7 dargestellt sind. Für jeden Standort wurde durch die Industrielle Betriebe Kloten (ibk) eine Kostenschätzung für die Erschliessung der Standorte erstellt. Seitens EBP wurden die Kosten für die Ladepunkte und deren Installation ergänzt. Wobei mit Kosten von 2'500 CHF für 11 kW- und 30'000 CHF für 50 kW-Ladepunkte gerechnet wurden. Die detaillierte Beschreibung mit der Kostenschätzung für diese Standorte ist diesem Bericht als Steckbrief pro Standort beigelegt.

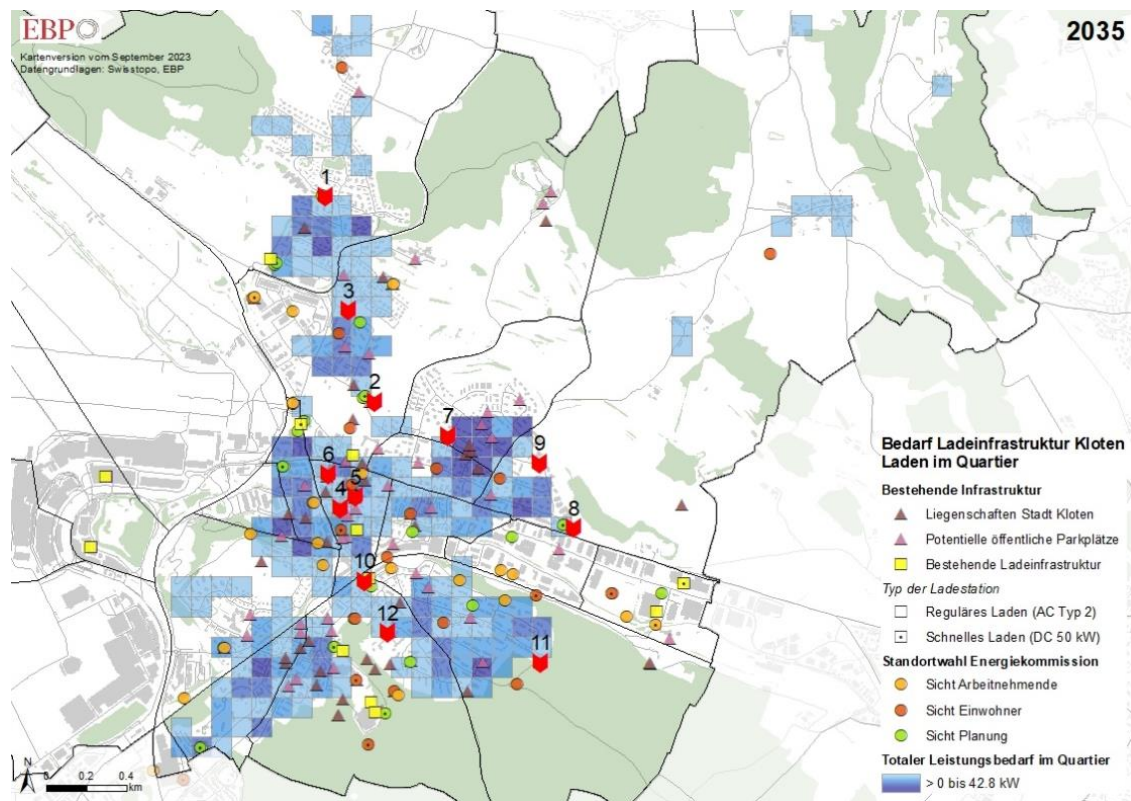


Abbildung 7: priorisierte Standorte für den Ladeinfrastrukturausbau

In folgender Tabelle werden die 12 auszubauenden Standorte zusammengefasst, mit der Anzahl Ladepunkte im Jahr 2035, den gesamten Investitionskosten, sowie bereits die aus der Planerfolgsrechnung resultierenden Kosten pro 11 kW-äquivalent je Standort. Die Grösse *11 kW-äquivalente* dient als relative Referenzgrösse, die einen Vergleich zwischen Standorten erleichtert. Zum Beispiel wird ein Standort mit 2x11 kW und 1x50 kW (total 72 kW), somit ca. als ein 6x11 kW-äquivalenter Standort, betrachtet. Dessen Kosten pro 11 kW-äquivalent können mit einem Standort mit nur 2x11 kW (somit 2x11 kW-äquivalent) verglichen werden. Dies bietet eine konsistente Grundlage zum Preisvergleich unterschiedlicher Standorte.

Tabelle 1 Potentielle Standorte für den Ausbau der Ladeinfrastruktur in der Stadt Kloten

Hotspot	Standort Nr.	Standort	Adresse	Anzahl Ladepunkte	Kosten 11 kW- äquivalent
1	1	KIGA Freienberg	Weinbergstrasse 7	3	10'770 CHF
2	2	Stighag Parkplatz	Stighagweg/Sportweg	7	11'620 CHF
2	3	Chasernweg, Grüne Wiese	Chasernweg/Hohrainlistrasse	3	37'700 CHF
3	4	Stadthaus	Kirchgasse 7	3	10'160 CHF
3	5	Bibliothek	Kirchgasse 16-22	3	14'130 CHF
3	6	Gerbergasse Parkplatz	Gerbergasse 14	7	8'850 CHF
4	7	Fussballplatz	Flurstrasse 34 (gegenüber)	5	8'740 CHF
4	8	Coop Tankstelle	Bassersdorferstrasse	-	-
4	9	Pigna, Grüne Wiese	Geissbergstr./Graswinkelstr.	3	33'230 CHF
6	10	Bahnhof Breiti PP	Breitistrasse	4	14'100 CHF
6	11	Hagenholz Buswendeplatz	Hagenholzstrasse	4	13'380 CHF
6	12	PP Schulhaus Spitz	Schulstrasse	8	11'930 CHF

3.4 Realisierungsempfehlung EBP und Entscheidung Stadt

Die Kostenschätzungen auf Standortebeine zeigen z.T. erhebliche Unterschiede in den Kosten je Standort. Diese kommen dadurch zustande, dass an manchen Standorten nur wenige Ladepunkte geplant sind – manchmal sind auch nicht mehr möglich wegen eines beschränkten Parkplatzangebots – und dass teils umfangreichere Grabarbeiten vonnöten sind.

Gemäss der Empfehlung durch EBP möchte sich die Stadt primär auf das Laden im Quartier fokussieren. Das ist nur ein Teil des gesamten Bedarfs an allgemein zugänglichen Ladepunkten (vgl. Kapitel 3.1), ist allerdings ein Teil, wo das Mitwirken der Stadt einen hohen Nutzen erzieht. Deshalb birgt die Realisierung dieser Standorte nur ein geringes Risiko für eine überdimensionierte Ladeinfrastruktur.

Basierend auf den Ergebnissen der technischen Vertiefungen und den Kostenschätzungen wurden folgende Beobachtungen festgestellt und in der Projektgruppe der Stadt Kloten diskutiert:

- Standort 3 (Chasernweg) und 9 (Pigna) weisen sehr hohe Kosten aus, weswegen unter den aktuellen Annahmen empfohlen wird diese Standorte wegzulassen
- Standort 8 (Coop Tankstelle an Bassersdorferstrasse) kann aktuell nicht beurteilt werden kann, aufgrund weiterer Entwicklungen an und in unmittelbarer Nähe zu diesem Standort (Für die geplante angeschlossene Leistung wäre eine Trafostation nötig)

Für die restlichen 9 Standorte wird ein Ausbau empfohlen, mit besonderer Achtung auf die Möglichkeiten beim Netzausbau, da dies ein wesentlicher Teil der Kosten ausmacht. Somit ergeben sich für die Stadt insgesamt Investitionskosten von 592'700 CHF. Diese Kosten setzen sich wie in Tabelle 2 zu sehen aus dem Netzkostenbeitrag, Netzanschlussgebühr, Kosten der einmaligen Rohrmiete und den Grabarbeiten zusammen. Auf die Wirtschaftlichkeit dieser Investitionen wird in Kapitel 4 eingegangen.

Eine hundertprozentige Dekarbonisierung des Verkehrs erfordert eine flächendeckende Grundabdeckung an allgemein zugänglicher Ladeinfrastruktur (Laden im Quartier, am Zielort und an Schnellladestationen). Die Standorte, an denen die Gemeinde eine aktive Rolle spielt (Laden im Quartier), stellen darum einen kleinen, aber essenziellen Teil der gesamten Anzahl Ladepunkte dar, die die Entwicklung der Elektromobilität benötigt. Die in diesem Konzept dimensionierte Anzahl an Ladepunkten an den 9 Standorten (insgesamt 44 Ladepunkte) schöpft nicht den gesamten potenziellen Ladebedarf für Laden im Quartier (rund 60 Ladepunkte, vgl. Kapitel 2) im Jahr 2035 aus. Dies bietet aber der Stadt die Möglichkeit zukünftige bedarfsgerechte Entscheide zu treffen und vermeidet eine Überdimensionierung der Ladestandorte. Abhängig von Bauvorhaben und Entwicklungen in der Stadt Kloten können auch weitere Standorte (oder sogar die drei ausgeschlossenen Standorte 3, 8 und 9) zukünftig attraktiver werden.

Tabelle 2 Gesamtkostenaufstellung der Investitionen je betrachteter Standort für die Stadt Kloten (durchgestrichene Kosten sind von ausgeschlossenen Standorten und tragen nicht zur Gesamtsumme bei)

Hotspot	Standort Nr.	Netzkostenbeitrag [CHF]	Netzanschlussgebühr [CHF]	Rohrmiete/Grabar- beiten [CHF]	Totale Netzkosten [CHF]
1	1	17'500	4'000	14'000	35'500
2	2	35'000	6'000	64'000	105'000
2	3	5'600	4'000	96'000	105'600
3	4	17'500	4'000	10'000	31'500
3	5	17'500	4'000	36'000	57'500
3	6	15'200	5'000	32'000	52'200
4	7	11'200	4'000	16'000	31'200
4	8	-	-	-	-
4	9	11'200	4'000	14'000	29'200
6	10	22'400	5'000	64'000	91'400
6	11	22'400	5'000	56'000	83'400
6	12	28'000	5'000	72'000	105'000
Totale Kosten					592'700

4. Planerfolgsrechnung und Tarifierung

Dieses Kapitel betrachtet die Planerfolgsrechnung für die allgemein zugängliche Ladestationen. Das Betreibermodell basiert auf dem empfohlenen Modell des Kapitels 6 aus dem Grundlageprojekt «Stadt Kloten: Konzept für elektrische Ladestationen». Die Stadt investiert in die Basisinfrastruktur, der private Betreiber baut die Ladestation und betreibt sie. Die Stadt erhebt dann eine Standortmiete pro Parkplatz und/oder einen Konzessionszuschlag auf jeder geladenen kWh.

Es wurde die Planerfolgsrechnung aus Sicht der Stadt und aus Sicht des privaten Betreibers berechnet. Die Planerfolgsrechnungen zeigen, unter welchen Verhältnisse die Bewirtschaftung der Ladestation kostendeckend ist. Sie dienen ebenfalls als Grundlage für die Festlegung der Konzessionsgebühren und/oder Standortmiete. Schliesslich zeigen sie, wie die Stadt ihre Investitionen refinanzieren kann.

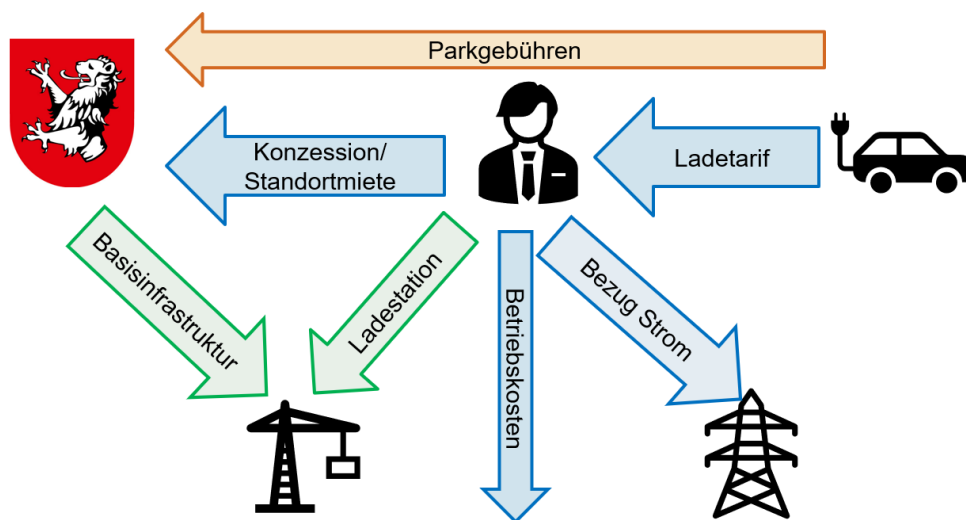


Abbildung 8 Cashflow für das Ladengeschäft. Grün: Anfängliche Investitionskosten. Blau: Aufwände und Erträge beim Betrieb.

Der Cashflow ist in Abbildung 8 dargestellt und schliesst drei Akteuren ein:

- Der Kunde bezahlt den Ladetarif an den Betreiber
- Der Kunde bezahlt die Parkgebühren an der Stadt (wie ein normales Verbrennungsfahrzeug)
- Der private Betreiber erhält den Ladetarif vom Kunden und bezahlt die eigenen Betriebskosten, die Stromtarife an den Energieversorger und die Konzession/Standortmiete an die Stadt. Der Betreiber investiert in die Ladestation.
- Die Stadt erhält die Konzession/Standortmiete vom Betreiber.
- Die Stadt investiert in die Basisinfrastruktur.

In der Planerfolgsrechnung sind die anfänglichen Investitionskosten und die Aufwände und Erträge beim Betrieb angegeben. Die Parkgebühren werden

unverändert erhoben, sind nicht Teil des Ladegeschäfts und entsprechend nicht in der Planerfolgsrechnung berücksichtigt.

4.1 Betriebswirtschaftliche Kennzahlen

Die Ergebnisse der Planerfolgsrechnung sind durch drei betriebswirtschaftliche Kennzahlen charakterisiert: der Kapitalwert, der Profitability Index und die Internal Rate of Return. Für alle Szenarien ergibt die Planerfolgsrechnung diese drei Kennzahlen für die Stadt und für den Betreiber.

Kapitalwert (NPV)

Der Kapitalwert (Net Present Value) ist die Summe aller Ein- und Auszahlungen abgezinst auf heute. Diese Methode berücksichtigt den Zeitwert des Geldes: Eine Einzahlung heute hat mehr Wert als eine zukünftige in der selben Höhe. Die Berechnung hängt vom definierten kalkulatorischen Zinssatz ab. Der Zinssatz repräsentiert den Gewinn einer alternativen Kapitalanlage in selber Höhe im jeweiligen Zeitraum.

Die Formel für die Berechnung des Kapitalwerts ist

$$NPV = C_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

wobei C_0 die anfänglichen Investitionskosten (Zeitpunkt $t=0$) sind, C_t ist der Cashflow (Ertrag oder Aufwand) im Jahr t und i ist der Zinssatz.

Wenn der Kapitalwert 0 ist, dann erhält der Investor sein eingesetztes Kapital zurück zuzüglich einer Verzinsung des Kapitals in Höhe des Kalkulationszinssatzes. Wenn der Kapitalwert grösser als 0 ist, dann erzielt der Investor zusätzliche Gewinne aus dem Investment. Je höher der Kapitalwert ist, desto rentabler ist die Investition. Wenn der Kapitalwert kleiner als 0 ist, bedeutet es, dass die Verzinsung des eingesetzten Kapitals zum Kalkulationszinssatz nicht gewährleistet ist. Es heisst aber nicht unbedingt, dass die normale Summe von Erträgen und Aufwänden negativ ist und ein Verlust entsteht.

Profitability Index (PI)

Der Profitability Index ist das Verhältnis zwischen den Erträgen aus der Investition und den Investitionskosten. Sie ist gegeben durch die Formel

$$PI = 1 + \frac{NPV}{C_0}$$

wobei NPV der Kapitalwert und C_0 die anfänglichen Investitionskosten darstellen. Wenn der Profitability Index grösser als eins ist, dann lohnt sich die Investition.

Internal Rate of Return (IRR)

Die Internal Rate of Return ist die jährliche Rendite der Investition über einen bestimmten Investitionszeitraum. Die Internal Rate of Return ist der Zinssatz ε , so dass der Kapitalwert null ist. Sie ist die Lösung ε der Gleichung

$$0 = C_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1 + \epsilon)^t}$$

Somit stellt ϵ denjenigen Zinssatz dar, welcher notwendig um eine «schwarze Null» zu erzielen. Wenn in einer Investition der Kapitalwert grösser als 0 ist, bedeutet dies, dass ϵ höher als der kalkulatorische Zinssatz ist.

4.2 Investitionszeiträume

Für die Realisierung von Ladeinfrastruktur werden fünf Ausbaustufen gemäss SIA 2060 differenziert (A, B, C1, C2, D). Für jede Ausbaustufe sind verschiedene Investitionszeiträume definiert. Sie hängen von der Lebensdauer der Bausubstanz ab und sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Eine graphische Darstellung der Ausbaustufen ist in der Abbildung 9 gegeben.

Ausbaustufe	Investitionszeiträume	Lebensdauer
A	100 Jahre	Rohbau
B	50 Jahre	Starkstromanlagen und Leitungen
C	15-50 Jahre	Leitungen und Steckdosen
D	8-12	Ladestation

Tabelle 3: Investitionszeiträume für die Ausbaustufe (SIA 2020).

Für die Planerfolgsrechnung nehmen wir eine Amortisationsdauer von 50 Jahre für die Netzerschliessung und Basisinfrastruktur (Investitionskosten der Stadt) und eine Amortisationsdauer von 10 Jahre für die Ladestation (Investitionskosten des Betreibers).

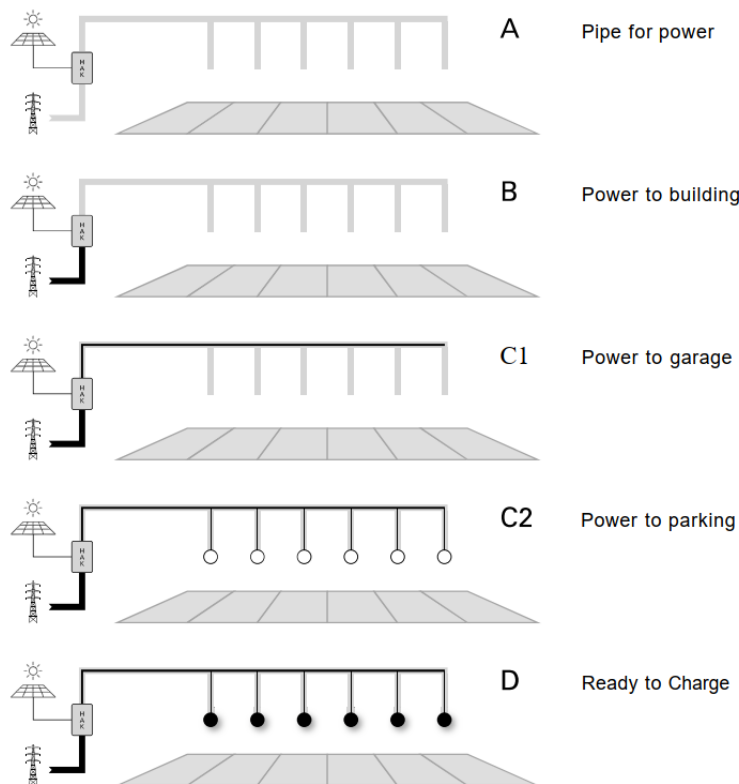


Abbildung 9: Ausbaustufen für die Ladeinfrastruktur (SIA, 2020).

4.3 Annahmen

Für die Planerfolgsrechnung wurden folgende Annahmen getroffen.

- Kalkulatorischer Zinssatz: 4% für den Betreiber und 4% für die Stadt
- Investitionskosten: 5'290 CHF pro Ladepunkt für die Basisinfrastruktur und Netzerschliessung sowie 6'330 CHF pro Ladepunkt. Die Kosten ergeben sich aus den durchschnittlichen Kosten aller Standorte gerechnet, mit 11 kW-äquivalent (ergibt sich aus Vergleichsgrösse für die Standorte, beinhaltet aber auch 50 kW Ladepunkte)
- Betriebskosten: 300 CHF pro Ladepunkt und pro Jahr. Jährlich nehmen diese wegen Effizienzsteigerung um 1% ab.
- Die Annahmen für den Strompreis, Ladetarife für Endkunde und jährliche bezogene Energiemenge pro Ladepunkt sind für die Jahre 2025, 2035 und 2045 in der Tabelle 4 gegeben. Der Preis für 2025 basiert auf den Angaben von aktuellen Strompreise. Zwischen den Jahren wird eine Preissteigerung von 1% angenommen. Es ist nicht möglich, eine zuverlässige Vorhersage über den zukünftigen Strompreis zu machen. Wichtig für die Planerfolgsrechnung ist aber nicht der Strompreis, sondern der Unterschied zwischen Strompreis und Ladetarif für die Endkunden. Solange die Ladetarife am Strompreis angepasst wird (was auch ein normales Marktverhalten entspricht), bleibt die Planerfolgsrechnung auch bei starken Variationen im Strompreis korrekt. Daher wurde bei den Ladetarif mit einer fixen Differenz von 13 Rp/kWh gerechnet für alle Jahre. Die Energiemenge pro Ladepunkt ist durch die Ergebnisse der Szenarien

(typische Lademengen pro Ladepunkt je nach Ladeleistung und Jahr) gegeben.

Tabelle 4 Annahmen für die Planerfolgsrechnung für Strompreis, Ladetarif Endkunde und jährliche bezogene Energiemenge pro Ladepunkt

	2025	2035	2045
Strompreis [CHF/kWh]	0.27	0.30	0.33
Ladetarif Endkunde [CHF/kWh]	0.40	0.43	0.46
Jährliche Energiemenge pro Ladepunkt [kWh]	8730	13470	13470

Die Ladetarife sind sehr unterschiedlich und hängen von Anbieter, Abonnement, Standort, Leistung usw. ab. Ausserdem gibt es je nach Anbieter nicht nur eine verbrauchsbasierte Abrechnung, sondern auch andere Preiskomponenten, wie Startgebühr oder Zeittarife. Als Vergleich sind hier einige Ladetarife für AC laden (bis 22 kW) aus der Umgebung aufgelistet. Die ausgewiesenen Ladetarife sind somit eher konservativ gewählt.

- Migros (Migrol M-Charge Ladenetz): 35 Rp/kWh
- MOVE etwa 45 Rp/kWh
- The Circle PP551: 65 Rp/kWh + 3 CHF pro Ladevorgang
- Scania Schweiz AG, Steinackerstrasse: 49 Rp/kWh + 1.50 CHF pro Stunde
- Energie 360° Bahnhof Kloten: 44 Rp/kWh + 6 CHF pro Stunde

Investitionsszenarien

Die oben ausgelegten Annahmen beziehen sich auf das Referenzinvestitionsszenario. Die Ergebnisse wurde zusätzlich für zwei weitere Szenarien berechnet: *optimistisches* und *pessimistisches* Investitionsszenarien. Alle Annahmen ausser jährliche Energiemenge und Realisierungskosten bleiben gleich.

- Optimistisches Investitionsszenario: Jährliche Energiemenge 10% höher, Realisierungskosten 10% tiefer.
- Pessimistisches Investitionsszenario: Jährliche Energiemenge 10% tiefer, Realisierungskosten 10% höher.

4.4 Ergebnisse

Die Ergebnisse wurden pro Ladepunkt und im Total berechnet. Für das Total wird die Realisierung von allen Ladepunkte gemäss Empfehlungen (9 Standorte, vgl Kapitel 3.3) angenommen.

Wenn die obigen Annahmen fix bleiben, dann hat die Planerfolgsrechnung noch 3 Freiheitsgraden: Standortmiete pro Ladepunkt, Konzessionszuschlag pro bezogene kWh und die Wahl des Investitionsszenarios. Durch die

Variation dieser Freiheitsgrade können zahlreiche Planerfolgsrechnungen generiert werden. Die Standortmiete und Konzessionszuschlag sind so gewählt, dass die Gemeinde im Referenzszenario zirka einen Kapitalwert gleich null erreicht. Im Bericht sind die Ergebnisse für zwei Kombinationen dokumentiert. Danach wird auf die Sensitivität der Kosten aufgrund der Strom-/Ladetarifkosten-Differenz eingegangen, wofür zwei weitere Szenarien aufgezeigt werden. Die Wahl der Differenz soll die Attraktivität für Endkunden wie auch den Betreiber differenziert darstellen.

Umsetzungsvariante 1: Standortmiete ohne Konzessionszuschlag

Die Ergebnisse der Planerfolgsrechnung sind der folgenden Tabelle aufgeführt. Es wird eine Standortmiete von 350 CHF pro 11-kW-äquivalent Ladepunkt (Standortmiete beträgt für 11 kW Ladepunkt 350 CHF/Jahr und für 50 kW Ladepunkt rund 1'600 CHF/Jahr) und Jahr angenommen. Diese Variante führt für den Betreiber in allen Szenarien zu sehr attraktiven Erträgen (vgl. Sensitivität Ladetarif, unten). Die Stadt hingegen muss im pessimistischen Szenario mit einem Verlust rechnen. Für die Stadt sind die Szenarien relevant, da auch die Investitionskosten in die Infrastruktur (Netzerschliessung + Basisinfrastruktur) von den +/- 10% Variation der Szenarien betroffen sind.

	Referenz		Optimistisch		Pessimistisch	
	NPV	PI	NPV	PI	NPV	PI
Stadt	22'100 CHF	1.03	70'900 CHF	1.12	-26'750 CHF	0.96
Betreiber	452'900 CHF	1.51	766'800 CHF	1.96	139'100 CHF	1.14

Tabelle 5: Planerfolgsrechnung für drei Investitionsszenarien, wenn die Standortmiete 350 CHF pro Ladepunkt und Jahr beträgt.

Umsetzungsvariante 2: Konzessionszuschlag ohne Standortmiete

Die Ergebnisse der Planerfolgsrechnung sind der folgenden Tabelle aufgeführt. Es wird ein Konzessionszuschlag von 3 Rp/kWh erhoben. Bei der Erhebung einer Konzession trägt die Stadt ein grösseres Risiko, weshalb im pessimistischen Szenario grössere Verluste anfallen. Im optimistischen Szenario können hingegen auch höhere Gewinne erzielt werden. Für den Betreiber ist auch diese Variante attraktiv, da in allen Szenarien Gewinne erzielt werden.

	Referenz		Optimistisch		Pessimistisch	
	NPV	PI	NPV	PI	NPV	PI
Stadt	31'198 CHF	1.05	132'000 CHF	1.23	-70'700 CHF	0.90
Betreiber	443'800 CHF	1.50	705'750 CHF	1.88	182'000 CHF	1.19

Tabelle 6: Planerfolgsrechnung für drei Investitionsszenarien, wenn ein Konzessionszuschlag von 3 Rp/kWh erhoben wird.

Sensitivität der Kosten aufgrund der Differenz zwischen Ladetarif und Stromkosten

Für den Betreiber ist vor allem die Differenz zwischen dem Strom-/Ladetarif von Bedeutung. Denn diese Differenz stellt den Ertrag des Betreibers dar, mit der Investitionen rückfinanziert werden sowie betriebliche Kosten und Konzessionsgebühren gedeckt werden. Wird diese Differenz erhöht so kann der Betreiber massiv höhere Gewinne erzielen, was den Ausbau der Standorte attraktiver macht. Andererseits müssen die Ladetarife für die Endnutzer aber noch attraktiv sein, weshalb die Differenz kritisch betrachtet werden sollte. In den folgenden Varianten bleiben die oben genannten Annahmen fix. Es wird mit einem Konzessionszuschlag von 3 Rp/kWh gerechnet ohne Standortmiete im Referenzszenario, lediglich die Strom-/Ladetarifkosten-Differenz variiert.

Tabelle 7 Planerfolgsrechnung für drei Strom-/Ladetarifkosten-Differenz bei einem Konzessionszuschlag von 3 Rp/kWh.

Strom-/Ladetarifkosten-Differenz	10 Rp/kWh		13 Rp/kWh		16 Rp/kWh	
	NPV	PI	NPV	PI	NPV	PI
Stadt	31'200 CHF	1.05	31'200 CHF	1.05	31'200 CHF	1.05
Betreiber	-75'800 CHF	0.91	443'800 CHF	1.50	963'600 CHF	2.09

Wie in Tabelle 7 ersichtlich ändern sich die Werte für die Gemeinde nicht. Lediglich der Betreiber ist von dieser Änderung betroffen, da der Konzessionszuschlag konstant bleibt. Wird die Differenz von 13 Rp/kWh auf 10 Rp/kWh herabgesetzt so muss der Betreiber mit einem Verlust rechnen. Denn der Betreiber muss noch immer die 3 Rp/kWh Konzessionszuschlag bezahlen, weshalb für ihn nur noch 10 Rp/kWh resultieren. Wird die Differenz auf 16 Rp/kWh erhöht, so können deutlich höhere Erträge erzielt werden. Der Ladetarif für die Kunden liegt damit bei 43 Rp/kWh, was immer noch im Spektrum der umliegenden Ladetarife liegt.