

KOSTEN UND BEPREISUNGSMODELLE EINER FLÄCHENDECKENDEN LADEINFRASTRUKTUR FÜR E-MOBILITÄT IN ÖSTERREICH

Daniel Hütter¹, Heinz Stigler

Institut für Elektrizitätswirtschaft und
Energieinnovation (IEE), Technische Universität Graz
Inffeldgasse 18, 8010 Graz, Österreich; Tel. +43(316)873 7904, Fax +43(316)873 7910,
E-mail: daniel.huetter@tugraz.at, Web: www.IEE.tugraz.at



Kurzfassung:

Der Beitrag erläutert zu Beginn die Aufgliederung der verschiedenen Kosten von Ladesäulen und Verrechnungssystemen. Weiters wird auf den Zusatzaufwand bei der Errichtung einer öffentlichen Ladeinfrastruktur eingegangen. Diese erfordert neben den höheren Sicherheitsstandards auch eine einfache Bedien- und Verrechnungsmöglichkeit aufgrund der Benutzung durch eine Vielzahl von Kunden. Die Kosten für die gesamte Ladeinfrastruktur, werden unter gewissen Annahmen für verschieden viele Elektrofahrzeuge in Österreich und für bestimmte Verhältnisse von Fahrzeug je Ladepunkt dargestellt. Abschließend werden Ansätze zur Nachfragebeeinflussung von Kunden dargestellt, um den Mehraufwand für das Elektrizitätssystem durch Elektromobilität so gering wie möglich zu halten.

Keywords: Elektromobilität, Preisstrukturen, Ladeinfrastruktur, Ladesysteme

1 Einleitung und zentrale Fragestellung

Die wachsende CO₂-Problematik und Sensibilisierung der Bevölkerung führt dazu, dass versucht wird so wenig Treibhausgas wie möglich zu emittieren. Davon sind bereits alle Bereiche des täglichen Lebens betroffen. Einer der betragsmäßig größten Emittenten, der Verkehrssektor, wird allerdings bisher nur recht wenig betrachtet. Dieser ist mit mehr als 20 % der Emissionen pro Jahr, nach der Industrie, der zweitgrößte Verursacher von Treibhausgasen in Österreich. Deswegen ist das Potential zur Verringerung des CO₂ Ausstoßes gerade hier sehr groß, wenn darauf geachtet wird, dass die Erzeugung der Energie zur Ladung der Fahrzeuge möglichst aus erneuerbaren Energieträgern erfolgt.

Um Elektromobilität im großen Stil etablieren zu können, ist wie bei konventionellen Fahrzeugen eine Infrastruktur zum Betanken der Fahrzeuge notwendig. Dies erfolgt etwas konträr zum Aufbau des Mineralöltankstellennetzes. Für Elektrofahrzeuge werden deutlich mehr Ladepunkte für Fahrzeuge als Zapfsäulen bei konventionellen Fahrzeugen benötigt. Mögliche Aufteilung und absolute Anzahlen von Ladesäulen werden im weiteren Verlauf diskutiert. Eine dementsprechend flächendeckende Infrastruktur ist mit hohen Kosten verbunden. Dabei ist ein entscheidender Faktor die Aufteilung zwischen privater/gewerblicher und öffentlicher Infrastruktur. Im öffentlichen Bereich sind mehr

¹ Jungautor

Sicherheitsvorkehrungen zu treffen, Extras für Bedienung und Verrechnung sind zu installieren und die Anschlussleistungen der Säulen sind höher als im Privatbereich, was zu deutlichen Mehrkosten führt. In diesem Zusammenhang werden die Kosten von verschiedenen Verrechnungssystemen betrachtet und verglichen. Es wird die unterschiedliche Kostenaufgliederung der einzelnen Verrechnungssysteme wie Kreditkarten- oder Quick-Zahlung in Bezug auf Datenübertragung, Implementierung der Hardware und der Zusatzkosten der Verrechnung gegenübergestellt, analysiert und auf eine einzelne bezogene Kilowattstunde herunter gebrochen. Außerdem werden die Faktoren Kosten der Ladesäule und Wartung von Ladesäulen in die Betrachtung der spezifischen Kosten miteinbezogen.

Eine andere Fragestellung bezieht sich auf die Schwierigkeiten bei der Aufbringung der Energie zur Betankung der Fahrzeuge, der Leistung und der Übertragung der Energie. Die Energieaufbringung stellt hierbei das kleinste Problem dar, da selbst bei 2 Mio. Elektrofahrzeugen im Jahr 2030 nur ca. 10 % (~7 TWh) mehr Energie benötigt wird als derzeit nachgefragt wird. Die zentrale Frage ist die Leistungsdeckung, welche im Kapitel der zeitvariablen Preisstrukturen behandelt wird. Zur Verdeutlichung des Problems kann gesagt werden, dass bei ungesteuerter Ladung ein Hub in der Spitzenlastnachfrage von einigen GW als realistisch erachtet werden kann. Solch eine Steigerung der Spitzenlast würde einen enormen Zubau an Kraftwerkskapazitäten erfordern². Deswegen werden Ansätze zur technischen und nicht-technischen Beeinflussung der Kunden hinsichtlich ihres Nachfrageverhaltens diskutiert. Die nicht-technischen Maßnahmen sind in diesem Fall eine Verrechnung mittels zeitvariabler Preisstrukturen, welche die Kosten der Elektrizitätserzeugung besser widerspiegeln als die derzeitige Durchschnittspreisverrechnung. Solche laststeuernden Maßnahmen setzen mindestens eine Wallbox für die Ladung des Fahrzeugs voraus, was bei flächendeckender Einführung der E-Mobilität zu hohen Kosten führt. Probleme bei der Übertragung der Energie sollen hier nur kurz aufgezeigt, jedoch nicht detailliert behandelt werden.

2 Aufschlüsselung der Ladeinfrastruktur

Der Aufbau der Ladeinfrastruktur gliedert sich in die Teilbereiche privat/gewerblich und öffentlich. Der Großteil der Ladepunkte wird im privaten Bereich installiert werden müssen, wohingegen die leistungsintensiven Ladesäulen in geringerer Stückzahl im öffentlichen Bereich sein werden. Dies ist dadurch bedingt, dass jene Kunden die eine Garage besitzen mehrere Stunden täglich ohne Einschränkungen laden können und deswegen keine hohen Leistungen benötigen. Allerdings lädt hierbei jeder nur sein eigenes Fahrzeug weswegen die Anzahl der Ladesäulen sehr hoch sein muss. Im öffentlichen Bereich sind die Stehzeiten der Fahrzeuge auf wenige Stunden begrenzt, wodurch die Ladung schneller erfolgen muss. Grundsätzlich gilt, je höher die Ladeleistung, desto kürzer die Ladezeit. Diese Abhängigkeit ist allerdings nicht linear.

² Zur Aufbringung der Leistung wird hier auf das Paper „Auswirkungen unterschiedlicher Ladestrategien für Elektrofahrzeuge auf das Elektrizitätssystem in Kontinentaleuropa“ verwiesen, welches im Zuge des Energie Innovationssymposiums 2012 veröffentlicht wird.

In der weiteren Betrachtung werden die Kosten der Anschaffung einer Ladesäule auf zehn Jahre abgeschrieben. Außerdem werden verschiedene Kostenfaktoren, wie beispielsweise Kosten für Wartung, in die Betrachtung mit einbezogen. Der Gesamtbetrag in €₂₀₁₀ wird auf ein Jahr heruntergebrochen und dargestellt.

2.1 Kostenzusammensetzung von Ladesäulen

Eine Ladesäule kann auf vier Kostenkomponenten aufgespalten werden:

- Netzentgelte
- Kosten der Ladesäule
- Arbeiten an/für Ladesäulen
- Benötigte Extras (nur für öffentliche Ladestationen)

2.1.1 Netzentgelte

Einmalig anfallende Kosten sind das Netzzutrittsentgelt und das Netzbereitstellungsentgelt. Weiters gibt es laufende Kosten. Dies sind die Netznutzungsentgelt, Netzverlustentgelt und Messentgelt je nach Verbrauch. Für die Kosten der Infrastruktur sind in erster Linie die einmaligen Zahlungen wichtig, da die laufenden Zahlungen ohnehin vom Kunden über die Energieabrechnung abgegolten werden. Die Netzzutrittsentgelte liegen laut Auskunft mehrerer Verteilnetzbetreiber (EStAG, et al., September - Oktober 2010) zwischen 1.500 € und 5.000 €.

Die zweite Fixkomponente bei den Netzkosten ist das Netzbereitstellungsentgelt. Dieses wird von jedem Netzbetreiber regional und nach Spannungsebene unterschiedlich veranschlagt. Die Preise werden in der System-Nutzungs-Tarifverordnung genehmigt und auf der Homepage der Energie-Control Austria veröffentlicht (Energie-Control Austria, 2010a). Die Tarife für die Netzebene 7, in der sich die meisten Ladesäulen befinden werden (bis 100 kW Anschlussleistung), werden mit 166,74 €/kW bis 293,63 €/kW veranschlagt. In der Netzebene 6 (von 100 bis 400 kW Anschlussleistung), variieren die Kosten von 106,83 €/kW bis 208,48 €/kW je Netzanbieter. In dieser Netzebene finden sich große öffentliche Ladepunkte, wie der Schnellladekorridor entlang der Autobahnen wieder. Im nächsten Schritt wird der Durchschnitt über alle Netzgebiete einer Ebene gebildet und mit diesem die Berechnung der Netzkomponente der Ladesäulenkosten durchgeführt. In der Netzebene 7 sind dies 219,29 €/kW und in der Netzebene 6 belaufen sie sich auf 143,34 €/kW.

2.1.2 Die Ladesäule

Die Kosten für Ladesäulen variieren hauptsächlich aufgrund ihres Verwendungszweckes und den dafür notwendigen Sicherheitsanforderungen. Im privaten Bereich, bei Montage einer Wallbox in der Garage, belaufen sich die Kosten derzeit auf ca. 800 €³. Bei einer großzahligen Einführung von Elektromobilität in Europa könnten die Kosten einer

³ Hierbei sind keine Sicherheitseinrichtungen oder dergleichen inkludiert, da diese im Heimbereich nicht notwendig sind. Auskunft KELAG Herr Stefan Forst 11.10.2010

gewöhnlichen Wallbox noch deutlich sinken, was in weiterer Folge mit einem Szenario der Kostendegression berücksichtigt wird.

Im öffentlichen Bereich liegen die Kosten deutlich über jenen des privaten Bereichs. Dabei sind die Hauptkomponenten die diese Ladesäulen verteuern die höheren Sicherheitsanforderungen und die benötigte Beständigkeit gegenüber den verschiedenen Witterungsverhältnissen denen solch eine Ladesäule Stand halten muss. Außerdem muss im öffentlichen Bereich eine Verrechnungsmöglichkeit implementiert werden, da verschiedene Personen diese nutzen können. Auf diese Komponente wird im Verlauf noch eingegangen. Die Kosten der Ladesäule ohne Verrechnungsmöglichkeit im öffentlichen Bereich belaufen sich derzeit auf ca. 5.000 €.

2.1.3 Arbeiten an der Ladesäule

Der relevanteste Arbeitsfaktor sind die Grabungsarbeiten für einen neuen Netzanschluss, wobei dieser jedoch nicht für alle Ladesäulen notwendig ist. Außerdem sind im privaten/gewerblichen Bereich die Grabungskosten in der Regel niedriger z.B. aufgrund der besseren Zugänglichkeit und auch der geringeren Kabelquerschnitte die notwendig sind. Hier werden die Kosten mit 1000 € pro Ladestation veranschlagt. Jedoch wird nicht jeder private oder gewerbliche Kunde für seine Ladestation einen neuen Anschluss legen müssen. Im Bereich der privaten Haushalte wird die einphasige Ladung dominieren, welche nur in einem angenommenen Maß von ca. 2 % Neuanschlüsse notwendig macht. Im gewerblichen und öffentlichen Bereich ist diese Quote praktisch 100 %, da hier davon ausgegangen wird, dass die Ladesäule nicht explizit an einen Hausverteiler angeschlossen wird, sondern einem externen Betreiber gehört.

Im öffentlichen Bereich sind die Kosten aus Gründen der Zugänglichkeit oder der zu verlegenden Kabel höher. Sie werden hier mit 4000 € pro Ladestation angenommen und gelten in diesem Fall für alle aufgestellten Ladestationen.

2.1.4 Benötigte Extras für Ladesäulen im öffentlichen Bereich

Im privaten Bereich wird davon ausgegangen, dass sich die Besitzer von Wallboxen zu jedem Zeitpunkt über die Personen die an ihrem Anschluss laden im Klaren sind.

Im öffentlichen Bereich werden unterschiedliche Kunden an einer Ladesäule tanken. Deswegen sind eine Bedienungsanleitung, womöglich in mehreren Sprachen, sowie Hinweise über die Art und die Möglichkeiten der Verrechnung oder andere Informationen notwendig. Für diese Extras, wie beispielsweise einen Infoscreen mit WLAN-Anbindung, werden Pauschal 5000 € pro Ladesäule angenommen.

2.1.5 Kostendarstellung von Ladesäulen

In Abbildung 1 werden die Kosten von Ladesäulen mit verschiedenen Anschlussleistungen dargestellt (EStAG, et al., September - Oktober 2010). Hierbei sind die Werte für 90 kW und 240 kW, welche für Gleichstromladung gedacht sind, als am wenigsten realistisch anzusehen. In den weiteren Betrachtungen bezüglich der Kosten werden keine Gleichstromladesäulen berücksichtigt, da der europäische Trend in erster Linie in Richtung Wechselstromladung geht. Um der Elektromobilität den Durchbruch einfacher zu machen, wären jedoch solche Extrem-Schnellladestationen sicherlich psychologisch wertvoll.

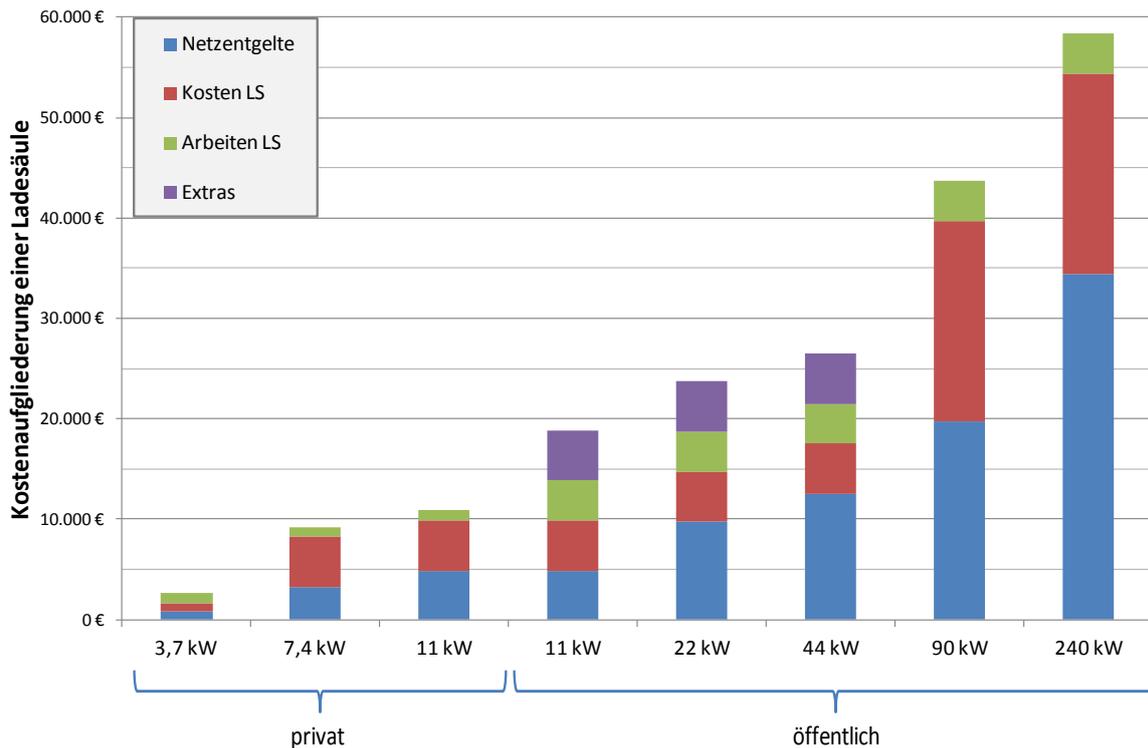


Abbildung 1: Kostenaufstellung von Ladesäulen nach Anschlussleistung gegliedert

2.2 Verrechnung

Im öffentlichen Bereich muss die Bezahlung einer Ladung an der Ladesäule ermöglicht werden. Die dafür in Frage kommenden Abrechnungsarten sind die Maestro-, Kredit- und Quickkarte, Abrechnung über das Mobiltelefon (Paybox), RFID, Roaming und die Stromrechnung. Die letzten beiden Varianten werden hier allerdings nicht berücksichtigt. Die verbleibenden Abrechnungsmethoden werden untersucht und miteinander verglichen. Die relevanten Kosten solch eines Verrechnungssystems spalten sich in die drei Teile Datenübertragung, Anschaffung des Verrechnungssystems und Kosten für die Verrechnung auf.

2.2.1 Datenübertragung

Die derzeit üblichen Kosten für die Datenübertragung liegen bei 220 € bei einem Maestro-/Kreditkartensystem und bei 141,60 € für alle anderen Verrechnungssysteme (Datentransfer von 300 MByte pro Monat) pro Jahr (Elektrodrive Salzburg, 2011). Es ist nicht damit zu rechnen, dass Datenübertragung in Zukunft stark verteuert oder verbilligt werden wird. Deswegen wird davon ausgegangen, dass die Verträge der Ladestationsbetreiber mit der Telekommunikationsbranche zu real gleichbleibenden Kosten für die nächsten zehn Jahre abgeschlossen werden.

2.2.2 Anschaffung des Verrechnungssystems

Die Kosten für die Installation des Verrechnungssystems liegen zwischen 200 € für das Paybox System und 1425 € für Maestro-/Kreditkarte. Die Aufteilung der Kosten erfolgt annuitätisch mit einer Realverzinsung von 3 %. Als Basisjahr wird 2010 herangezogen.

2.2.3 Kosten der Verrechnung

Die Kosten für die Verrechnung die Aufgrund der Benutzung des Systems anfallen setzen sich aus folgenden Komponenten zusammen:

$$Kosten_{i} = Q \cdot p \cdot d_{f,i} + L \cdot d_{v,i}$$

Q... geladene Energiemenge p.a.

p... Preis je kWh

$d_{f,i}$... fixes Disagio

L... Anzahl an Ladungen p.a.

$d_{v,i}$... transaktionsabhängiges Disagio

Um die Kosten der Verrechnung ermitteln zu können, wird ein Strompreis von 18 Cent je kWh zu Grunde gelegt. Einen Strompreis zu hinterlegen ist notwendig, da für den variablen Teil der Verrechnung ein gewisser Prozentsatz des Rechnungsbetrags vom jeweiligen Anbieter eingehoben wird. Dieser Wert beeinflusst in weiterer Folge den notwendigen Kostenaufschlag je kWh geringfügig, was jedoch vernachlässigt werden kann. Weiters muss hier, und für die folgenden Berechnungen der Kosten der Ladesäule und der Wartungsarbeiten, eine durchschnittliche Benutzung der Ladesäule definiert werden. Dies sind bei einer Ladesäule mit 11,09 kW 402 Ladungen⁴ pro Jahr mit einem Energieumsatz von 27.980 kWh p.a. und für 22,17 kW 548 Ladungen mit 38.943 kWh p.a.⁵ Daraus kann nur der notwendige Aufschlag errechnet werden, welcher vom Betreiber zusätzlich für die kWh berechnet werden muss, damit das Verrechnungssystem selbst tragend ist (ohne zusätzlichen Gewinn).

2.2.4 Auswertung der Kosten von Verrechnungssystemen

Einen Vergleich der jährlichen anfallenden Gesamtkosten sollen die in Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellte Beispielladesäulen bieten. Auf der linken Ordinate sind die anfallen Kosten pro Jahr in €₂₀₁₀ dargestellt. Auf der rechten Ordinate sind Kosten pro Jahr pro kWh an der Ladesäule geladener Energie angegeben. Diese Kosten je kWh geladene Energie, hervorgerufen durch das spezifische Verrechnungssystem, müssen auf die kWh Strom aufgeschlagen werden, damit der Betreiber der Ladestation keinen Verlust macht. In Zahlen wird dies in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Übersicht über die Kosten von Verrechnungssystemen

	Maestro	Quick	Kreditkarte	Paybox	RFID
11KW					
Datenübertragung [€]	220,00	141,60	220,00	141,60	141,60
Verrechnungssystem (Annuität) [€]	167,08	58,66	167,08	23,45	58,66
Verrechnung [€]	75,33	25,18	110,66	166,06	0,00
Kosten je kWh [Cent/kWh]	1,65	0,81	1,78	1,18	0,72

⁴ Es wird eine Nutzungsdauer von 8 h pro Tag an 365 Tagen im Jahr unterstellt mit einem Fahrzeugmix von 45 % Fahrzeuge mit 20 kWh Akku, 40 % mit 30 kWh und 15 % mit 50 kWh Akku.

⁵ In dieser Betrachtung sind Verluste im Bereich von 20 bis 25 % bei einer Vollladung berücksichtigt. Der Hauptanteil davon sind Verluste beim Akkumulator.

22kW					
Datenübertragung [€]	220,00	141,60	220,00	141,60	141,60
Verrechnungssystem (Annuität) [€]	167,08	58,66	167,08	23,45	58,66
Verrechnung [€]	103,15	35,05	152,89	229,99	0,00
Kosten je kWh [Cent/kWh]	1,26	0,60	1,39	1,01	0,51

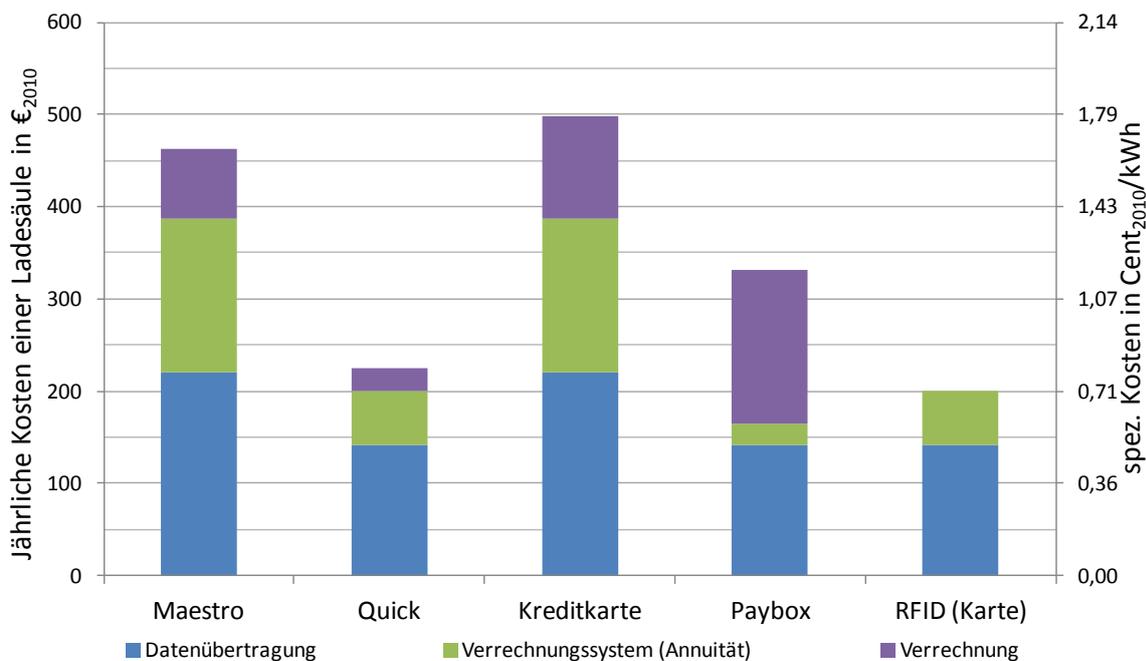


Abbildung 2: Kostenverteilung von Verrechnungssystemen an öffentlichen Ladestationen (11,09 kW)

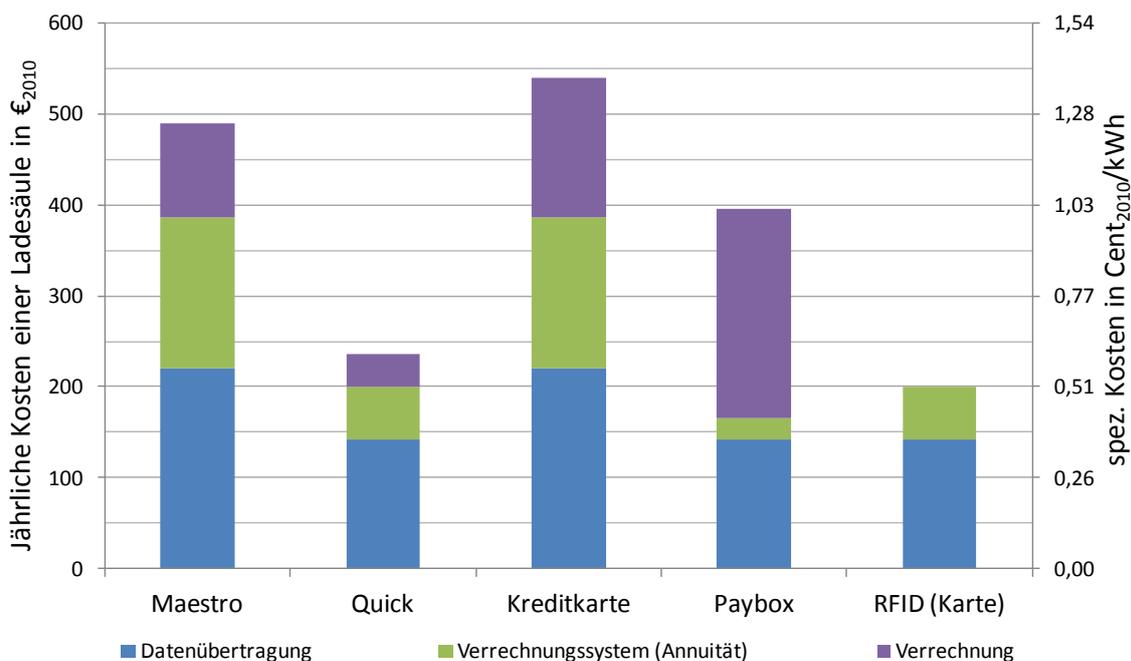


Abbildung 3: Kostenverteilung von Verrechnungssystemen an öffentlichen Ladestationen (22,17 kW)

2.3 Gesamtkosten einer Ladesäule

In der ersten Betrachtung werden nur die Kosten des Verrechnungssystems betrachtet. Da diese im Vergleich zu den Kosten der Ladestation und den Wartungskosten sehr gering ausfallen, weshalb der Unterschied separat dargestellt werden muss. In der späteren Betrachtung werden alle Ladesäulen relevanten Fixkosten in die Betrachtung mit einbezogen.

Eine öffentliche Ladesäule wird aufgrund des Mehraufwands an Sicherheitsmaßnahmen und der notwendigen robusten Ausführung aufgrund des Aufstellortes mit 5.000 € veranschlagt. Außerdem sind an den öffentlichen Ladesäulen einige Extras notwendig. So muss aufgrund der Benutzung durch verschiedene Personen eine dementsprechend einfache Erklärung des Ladevorgangs an sich, sowie die Möglichkeiten der Bezahlung usw. klargestellt werden. Diese Kosten werden ebenfalls mit 5.000 € angenommen. Zur einfachen Aufteilung der Kosten wird die Annuität der Kosten der Ladesäule mit einer Realverzinsung von 3 % gerechnet und als €_{2010} dargestellt. Die Nutzungsdauer für die Ladesäule entspricht zehn Jahren.

Der letzte und größte Kostenfaktor sind die Kosten für Wartung bzw. zur Behebung von Störungen. Generell werden hauptsächlich Dienstleistungsfirmen für die Wartung von Anlagen herangezogen werden. Solche Wartungsverträge haben unterschiedliche Ausführungsformen. Je nach geforderter Reaktionszeit für die Wartung, variieren die Kosten für eine Ladesäule zwischen ca. 100 € und 500 € (Elektrodrive Salzburg, 2011). Die Kosten für die Wartung werden mit einem Inflationsindex von 2 % jährlich angepasst, sodass 200 € pro Monat für die Lebenszeit angenommen werden können. Die Kosten für die Wartung machen den Großteil der jährlichen Kosten einer Ladesäule aus, was in Abbildung 4 und Abbildung 5 bzw. in der Tabelle 2 ersichtlich ist.

Tabelle 2: Gesamtkosten von öffentlichen Ladestationen

	Maestro	Quick	Kreditkarte	Paybox	RFID
11KW					
Verrechnungssystem	462,41	225,44	497,74	331,11	200,26
Ladesäule [€]	1172,33	1172,33	1172,33	1172,33	1172,33
Wartungskosten [€]	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00
Kosten je kWh [Cent/kWh]	14,42	13,57	14,54	13,95	13,48
22kW					
Verrechnungssystem	490,23	235,31	539,97	395,04	200,26
Ladesäule [€]	1172,33	1172,33	1172,33	1172,33	1172,33
Wartungskosten [€]	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00
Kosten je kWh [Cent/kWh]	10,43	9,78	10,56	10,19	9,69

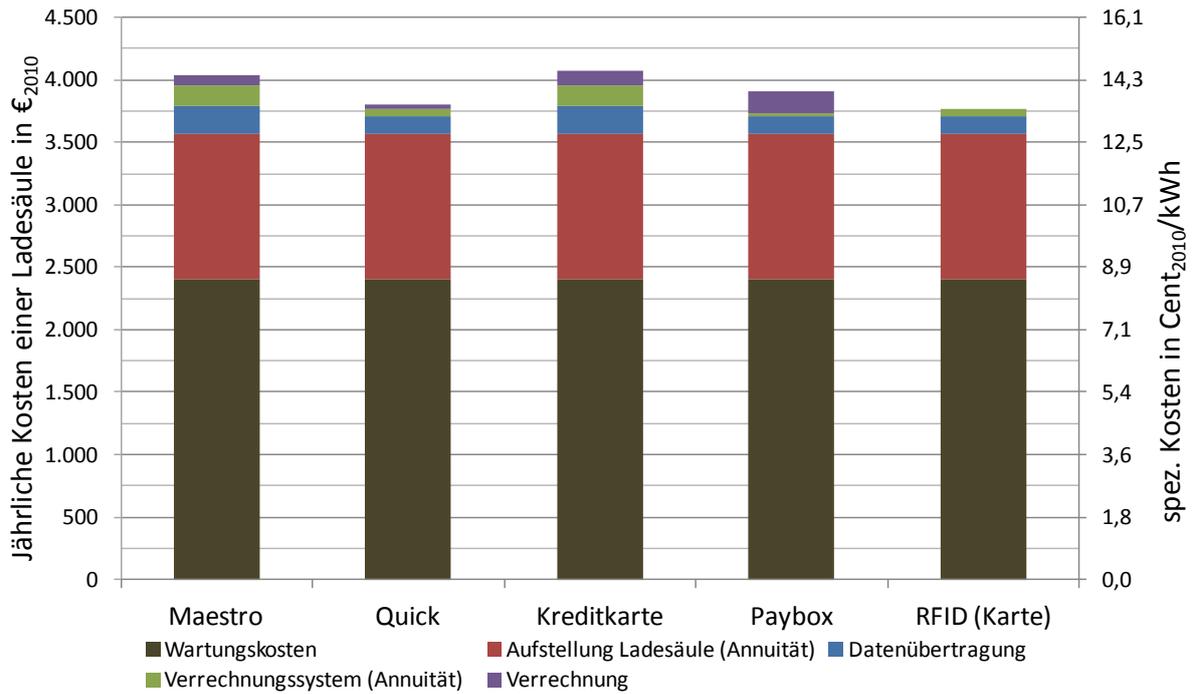


Abbildung 4: Gesamtkosten einer öffentlichen Ladestation (11,09 kW)

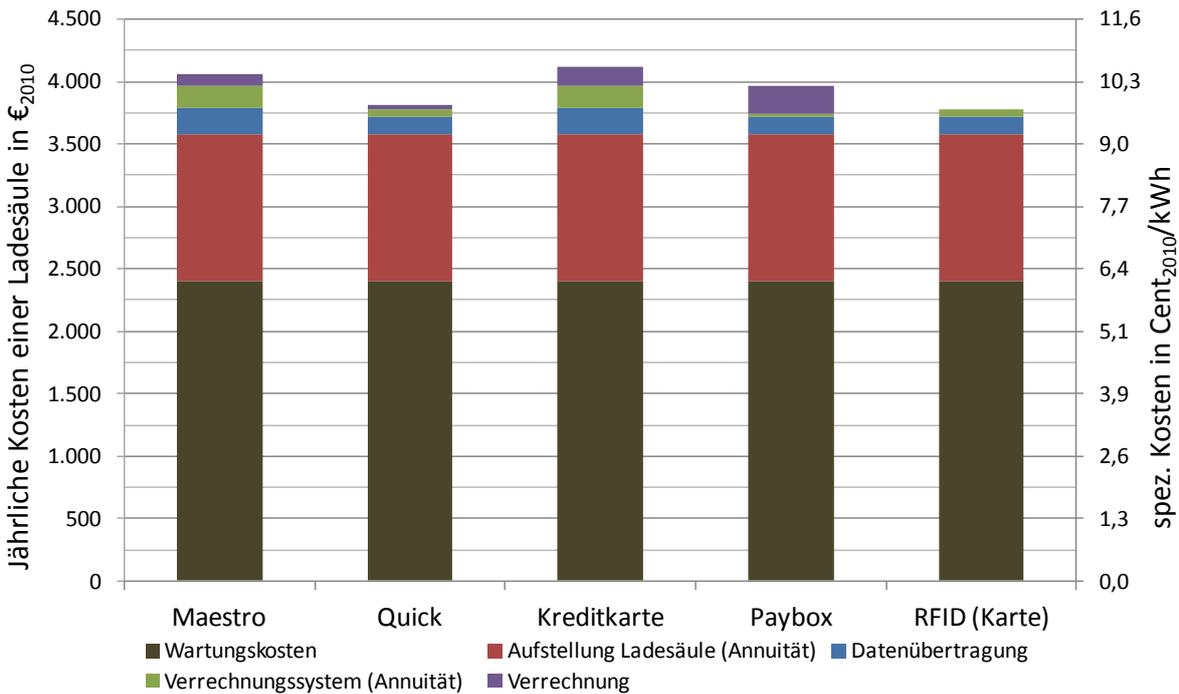


Abbildung 5: Gesamtkosten einer öffentlichen Ladestation (22,17 kW)

3 Kosten einer möglichen Ladeinfrastruktur

Es ist sinnvoll, den Großteil der Ladestationen für Elektrofahrzeuge im privaten Bereich zu installieren, da die Kosten für eine Wallbox im Vergleich zu einer öffentlichen Ladesäule gering sind. Außerdem werden bevorzugt jene Kunden ein Elektrofahrzeug kaufen, welche eine Abstellmöglichkeit für ihr Fahrzeug (z.B. eine Garage) haben. Dort sind keine gesonderten Sicherheitsmaßnahmen und auch kein Verrechnungssystem notwendig, da im Vorhinein feststeht wer lädt. Ein weiterer Punkt der die Ladung zu Hause begünstigt, ist die durchschnittliche Wegstreckenaufteilung in Österreich (Herry, Russ, Schuster, & Tomschy, 2003). Dabei sind 78 % der gefahrenen Strecken unter 20 km und somit jedenfalls mit einem Elektrofahrzeug zu bewältigen. Die 16 % der Fahrten zwischen 20 und 50 km sind höchstwahrscheinlich mit einem Elektrofahrzeug bewältigbar und lediglich die 6 % der Fahrten die über 50 km sind, können höchstwahrscheinlich ohne Zwischenladung nicht gefahren werden.

Um die verbleibenden Fahrten abzudecken und jenen Personen die Benutzung eines Elektrofahrzeugs zu ermöglichen die keine Garage haben, wird zusätzlich eine gewisse Anzahl an öffentlichen Ladesäulen benötigt. Außerdem können diese dann von Taxiunternehmen und Zustelldiensten als Backup für ihre betriebsinternen Lademöglichkeiten genutzt werden.

3.1.1 Ladekonzept für eine öffentliche Infrastruktur

Um eine möglichst optimale Aufteilung der öffentlichen Infrastruktur zu erreichen, wird eine Unterscheidung nach geographischen und demographischen Gesichtspunkten getroffen. Dabei wird zwischen urbanen und ländlichen Gebieten unterschieden, sowie ein Schnellladekorridor berücksichtigt.

In der Stadt werden bevorzugt große öffentliche Parkplätze, Park&Ride-Anlagen und Tiefgaragen mit Ladesäulen ausgestattet. Im ländlichen Gebiet sind Parkanlagen bei Einkaufszentren und an öffentlichen Plätzen sowie Parkmöglichkeiten entlang der Bahnstrecken favorisiert. Die Hochrechnung für Österreich erfolgte hier mit verfügbaren Daten der Bundesländer Burgenland, Niederösterreich, Steiermark und Wien, wobei Wien separat betrachtet wird, da praktisch sämtliche Daten bezüglich der Parkplatzsituation zur Verfügung stehen.

Im Bereich der Autobahnen und Schnellstraßen ist ein sogenannter „Schnellladekorridor“ vorgesehen. Hier hat jeder Ladepunkt eine Leistung von 43,65 kW. Dadurch kann den Kunden die Möglichkeit geboten werden, sich mit minimalen Ladezeiten zwischen den großen Städten Österreichs bewegen zu können. Dabei sind an den 91 Raststätten in Österreich mindestens jeweils 4 Ladesäulen (mit zwei Ladepunkten) vorgesehen. Ein Schnellladekorridor ist aus psychologischen Gründen sehr wichtig, da die Furcht vor zu starker Einschränkung des Bewegungsradius genommen werden könnte. Deswegen muss der Aufbau zügig und im Vorlauf zum großzahligen Verkauf von Elektrofahrzeugen erfolgen. In der Berechnung ist der Ausbau 2016 abgeschlossen.

3.1.2 Erweiterungen des Mobilitätskonzeptes

Aufgrund der hohen Kosten der Elektromobilität sind Erweiterungskonzepte wie CarSharing und Car2Go als sinnvoll zu erachten. Dabei sind zwei Ausführungen denkbar: Erstens könnten Kunden ihre täglichen kurzen Wege mit einem Elektrofahrzeug zurücklegen und bei geplanten längeren Fahrten wie beispielsweise dem Urlaub könnten konventionelle Fahrzeuge gemietet werden. Dadurch kann ein Zweitfahrzeug das selten benutzt wird eingespart werden. Die andere Variante ist, dass solche Mobilitätsanbieter speziell Elektrofahrzeuge zur Bewegung im urbanen Gebiet anbieten. Hierbei gibt es vorreservierte Parkplätze bei denen ein Fahrzeug abgeholt werden kann um beispielsweise Einkäufe zu transportieren.

3.2 Gesamtkosten der Ladeinfrastruktur

Die Kosten für die Infrastruktur setzen sich durch die in Kapitel 2.1.5 beschriebenen und in Abbildung 1 dargestellten Kosten der einzelnen Ladesäulen zusammen. Ausgehend davon, werden nun verschiedene mögliche Ausführungen einer Infrastruktur berechnet. Dabei wird jeweils unter Berücksichtigung von mehreren Faktoren versucht die Aufteilung der Ladesäulen auf die Bereiche privat/gewerblich/öffentlich möglichst sinnvoll zu treffen. Die Darstellung der Kosten in alle Diagrammen erfolgt in €₂₀₁₀. Die Kosten für die Ladesäule und die benötigten Extras werden dabei nominell gleich belassen, das heißt sie werden in die Zukunft durch eine Inflation von 2 % abgezinst und dadurch real günstiger. Dies wird deswegen so gewählt, da nicht zu erwarten ist, dass diese Produkte in großer Zahl produziert teurer, oder auch nur real gleichbleibend sein werden. Im Gegensatz dazu werden die Netzentgelte und die Arbeiten an den Ladesäulen hier real gleichbleibend behandelt, da hier wiederum nicht zu erwarten sein wird, dass der Faktor Arbeit, oder die Kosten für die Erhaltung und Ausbau der Netze günstiger werden.

3.2.1 Szenariendefinition

Um einen Bereich für die verschiedenen möglichen Kostenverläufe aufspannen zu können, werden zwei Wachstumsverläufe für die Einführung von Elektromobilität angenommen. Diese liegen unter- und oberhalb der Elektro-Fahrzeugzunahme bis 2030 des Szenarios des Umweltbundesamtes (Umweltbundesamt, 2010) (siehe Abbildung 6).

In diesem Zusammenhang gilt es zu bedenken, dass Gradienten von ca. 200.000 Fahrzeugen pro Jahr alleine in Österreich für die Fahrzeug- und Akkuindustrie nur schwer bewältigbar sein werden, da ebenfalls ein ähnlicher Anstieg in unseren Nachbarländern zu erwarten sein wird. Das würde bedeuten, dass alleine in Europa in manchen Jahren fast 10 Mio. Elektrofahrzeuge pro Jahr benötigt werden würden.

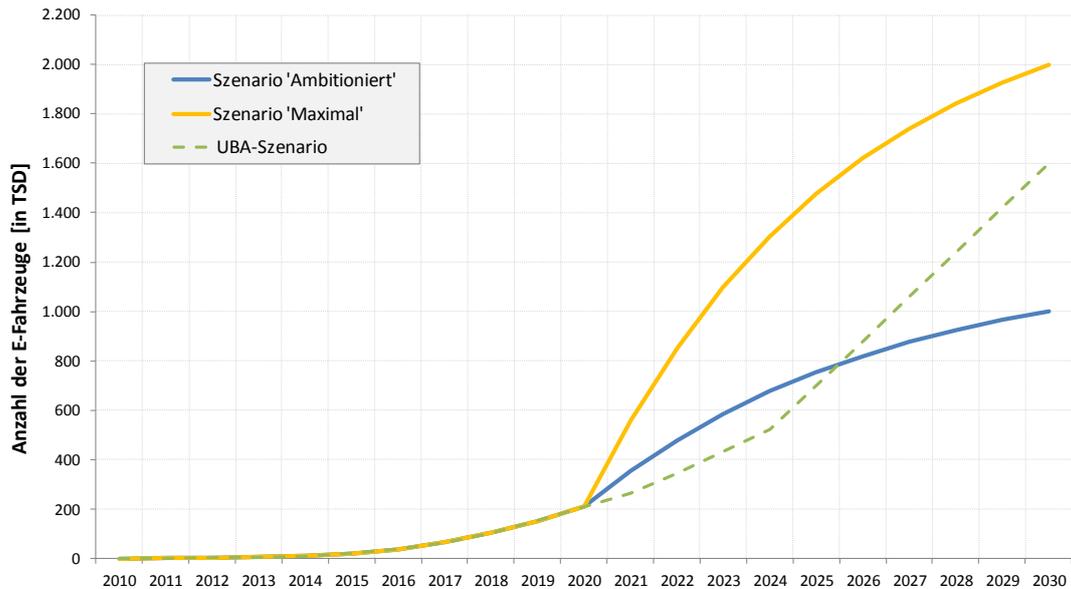


Abbildung 6: Darstellung der Fahrzeugentwicklungspfade

3.2.2 Aufbau und Kostenverlauf der privaten/gewerblichen Infrastruktur

Es ist mit ständigen Investitionen in die private Infrastruktur seitens der Kunden zu rechnen. Anders als im öffentlichen Bereich, wird hier erst dann eine Ladesäule angeschafft, wenn tatsächlich das Fahrzeug vorhanden ist. Mit steigender Durchdringung nimmt die Zahl der Neuinstallationen wieder ab, da gerechnet wird, dass verstärkt die öffentliche Infrastruktur genutzt wird und jene Kunden die einen gut geeigneten Garagenplatz haben, bereits recht früh auf Elektromobilität umsteigen. In Abbildung 7 wird die Kostenentwicklung der privaten/gewerblichen Infrastruktur für den Fall von 2 Mio. Elektrofahrzeugen bis 2030 und 3 Fahrzeugen je Ladepunkt⁶ dargestellt. Dabei wird zwischen Ladesäulen verschiedener Leistungen unterschieden, wobei nur eine gewisse Quote an Neuanschlüssen vorgenommen werden muss. Natürlich kann jedes Elektrofahrzeug auch an einer herkömmlichen Steckdose laden, jedoch gehen dann mögliche Laststeuereffekte verloren.

⁶ Das Fahrzeug zu Ladepunkt-Verhältnis ist eine fiktive Zahl welche angibt, wie viele Elektrofahrzeuge sich prinzipiell einen Ladepunkt teilen.

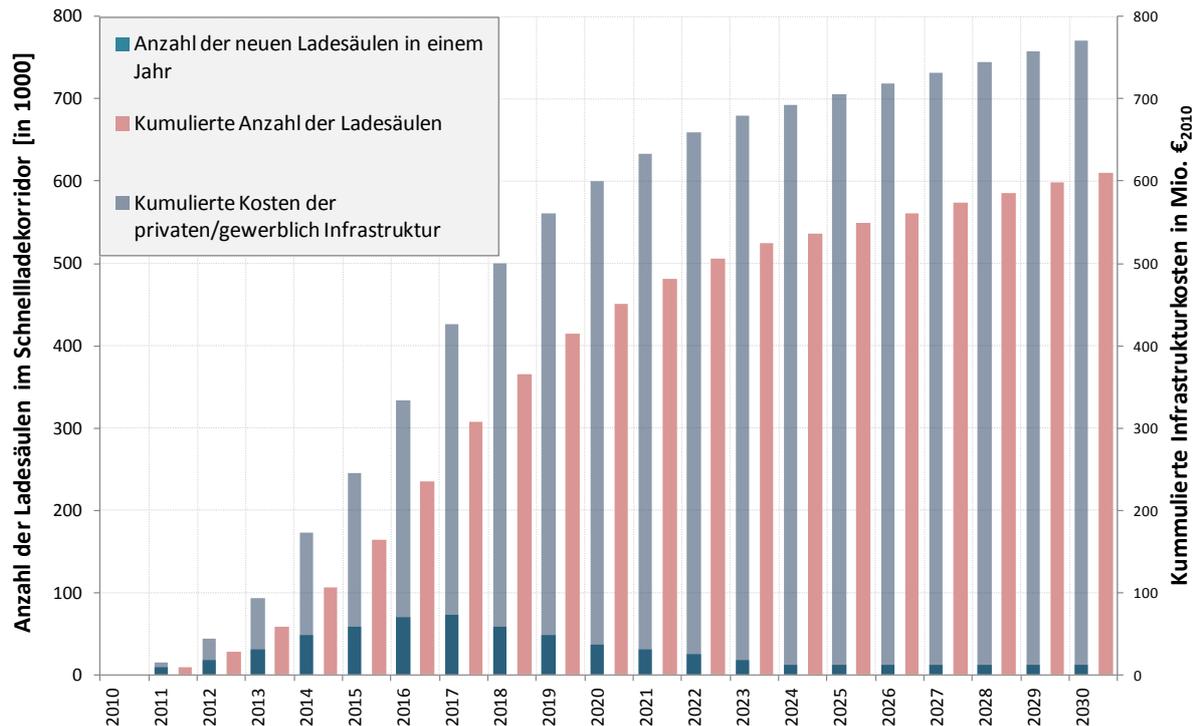


Abbildung 7: Aufbauverlauf der privaten/gewerblichen Ladeinfrastruktur bei 2 Mio. Elektrofahrzeugen und 3 Fahrzeugen je Ladepunkt

3.2.3 Aufbau und Kostenverlauf der öffentlichen Infrastruktur

Auch hier erfolgt eine Unterscheidung nach Leistung der Ladesäulen, wobei für jede Ladesäule ein Neuanschluss angenommen wird. Ein weiterer Unterschied zur privaten Infrastruktur ist, dass die im öffentlichen Bereich der Aufbau zum Großteil vorlaufend sein muss (speziell der Schnellladekorridor). Eine geringe Anzahl an Ladestationen wird jedoch immer zugebaut werden. In Abbildung 8 wird die Kostenentwicklung der öffentlichen Infrastruktur für den Fall von 2 Mio. Elektrofahrzeugen bis 2030 und 3 Fahrzeugen je Ladepunkt dargestellt. Im Vergleich dazu kommen auf eine Mineralöltankstelle (mehrere Zapfsäulen) ca. 1.600 PKW im Jahr 2010.

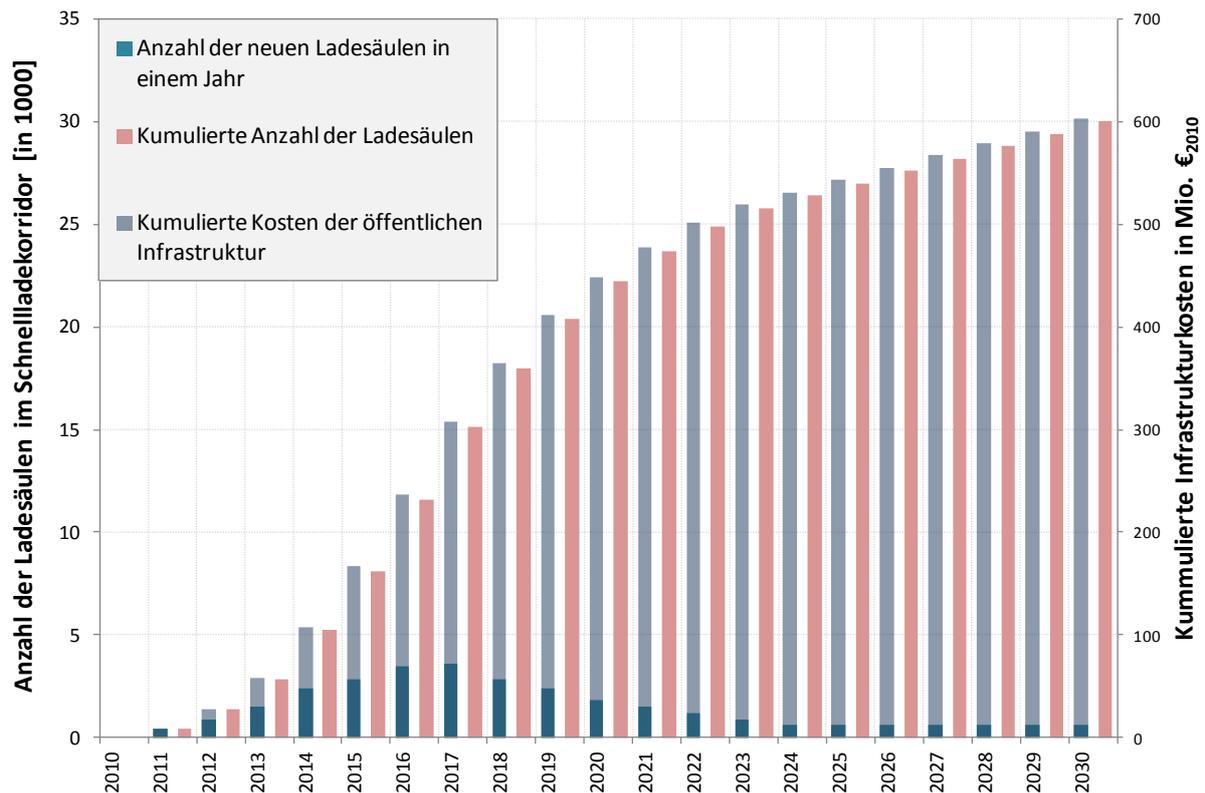


Abbildung 8: Aufbauverlauf der öffentlichen Ladeinfrastruktur bei 2 Mio. Elektrofahrzeugen und 3 Fahrzeugen je Ladepunkt

3.2.4 Darstellung der Gesamtkosten der Infrastruktur für Elektromobilität

Die Gesamtkosten für die Infrastruktur ergeben sich nun aus den Kosten im privaten/ gewerblichen plus jenen des öffentlichen Teils. Dies gilt, wenn die getroffenen Annahmen der Kostenentwicklung eintreffen.

Um auch eine Massenproduktion von Ladestationen in die Betrachtung miteinfließen zu lassen, wird neben den „Normalkosten“ parallel eine mögliche Art der Kostendegression gerechnet. Dabei kostet eine Wallbox im Jahr 2010 800,00 €, im Jahr 2015 600,00 € und im Jahr 2020 nur mehr 500,00 €. Die Kosten für eine Ladesäule ab 7,36 kW sinken von 5.000,00 € im Jahr 2010 auf 2.500,00 € im Jahr 2015 und 1.000,00 € im Jahr 2020. Daraus ergeben sich in den Kostenverlaufsdarstellungen die helleren Balken als Verlauf der Kostendegression. Die dunkleren Balken repräsentieren die Kosten nach heutigem Stand, extrapoliert in die Zukunft. In Abbildung 9 werden die „Normalkosten“ und der Fall der Kostendegression für den Fall 2 Mio. Elektrofahrzeuge bis 2030 und 3 Fahrzeuge je Ladepunkt dargestellt.

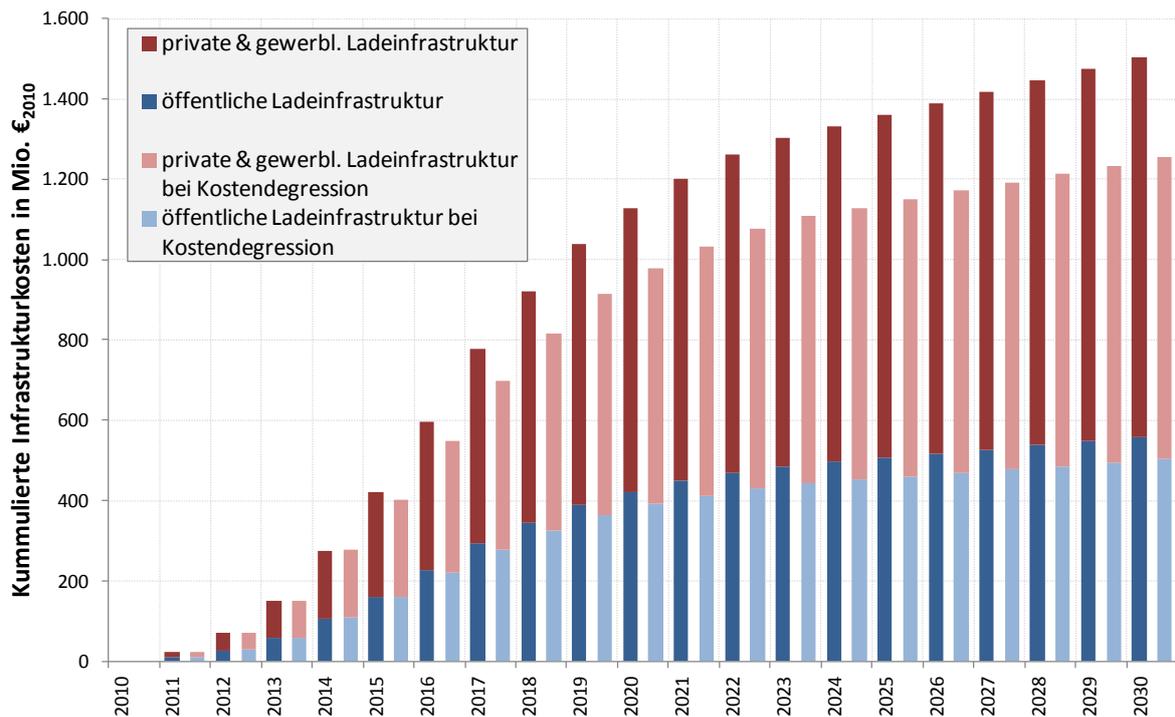


Abbildung 9: Kostenverlauf für eine Infrastruktur bei 2 Mio. Elektrofahrzeugen bis 2030 und 3 Fahrzeugen je Ladepunkt (mit degressivem Kostenverlauf)

3.2.4.1 Ergebniskorridor mit Minima und Maxima der Kosten für die betrachteten Fälle

Die verschiedenen angenommenen Ausbauvarianten weisen eine breite Streuung bezüglich der Kosten für eine Ladeinfrastruktur auf. Die geringstmöglichen Kosten entstehen im Fall für eine Million Elektrofahrzeuge (Ambitioniert) bis 2030, mit einem Fahrzeug zu Ladepunkt Verhältnis von 5:1. Dabei muss der Großteil der Elektrofahrzeugbesitzer an einer herkömmlichen Steckdose laden. Dies hat zur Folge, dass keine gesonderten Preisstrukturen für Elektromobilität zur Anwendung kommen können bzw. die Möglichkeit der Laststeuerung ebenfalls entfällt. Somit stellt dies die untere Grenze des Korridors dar (bei Kostendegression), bei der mit Abstand am wenigsten investiert werden muss.

Die obere Grenze des Korridors wird durch den Fall mit 2 Mio. Fahrzeugen im Jahr 2030 und je ein Fahrzeug pro Ladepunkt repräsentiert. Dies entspricht der zehnfachen Anzahl an Ladesäulen gegenüber dem Minimum, jedoch nur den siebenfachen Kosten. Die Begründung dafür ist, dass bei solch immensem Zubau vermehrt privat installiert wird, weil im öffentlichen Bereich der Platz beschränkt ist. Die Heimladung ist insgesamt günstiger als die Öffentliche, was zu niedrigeren Gesamtkosten führt. In Abbildung 10 werden die zwei Extrema bei den Fallunterscheidungen hinsichtlich der Kosten für die Ladeinfrastruktur gegenüber gestellt. In Tabelle 3 werden alle untersuchten Fälle gemeinsam dargestellt.

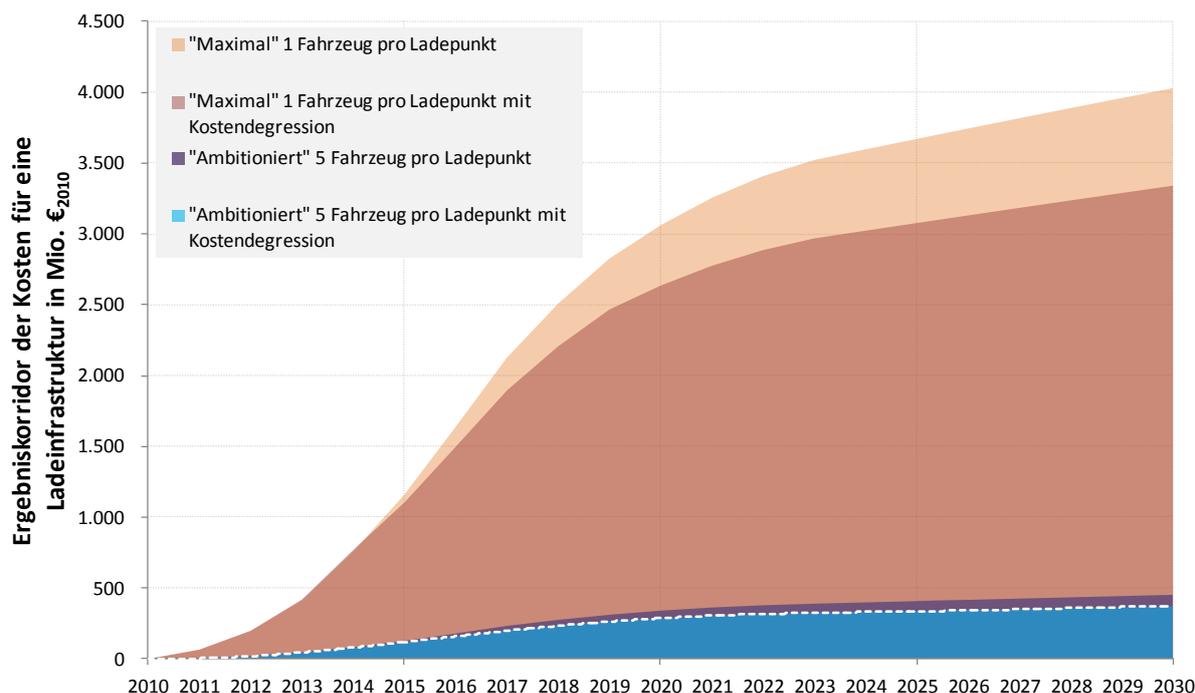


Abbildung 10: Ergebnisbandbreite der Kosten für die verschiedenen möglichen Ausführungen einer Ladeinfrastruktur

Die weiße Linie zeigt dabei die minimalen Kosten an, und der Abschluss der Grafik die Maximalen. Es ist zu erwarten, dass die Gesamtkosten für die Ladeinfrastruktur in Österreich in diesem Bereich liegen werden, wenn ein bis zwei Millionen Elektrofahrzeuge zugelassen sind. Dabei hängen die Kosten hauptsächlich davon ab, wie viele Fahrzeuge je Ladepunkt angestrebt werden. Je näher das Verhältnis hin zu einer 1:1 Aufteilung geht, desto teurer wird die Ladeinfrastruktur.

Tabelle 3: Kostenübersicht über verschiedene Fahrzeuggesamtzahlen und Verhältnisse von Fahrzeugen zu Ladepunkten in Mio. €₂₀₁₀

Fallunter-scheidung	Ambitioniert* 5:1	Ambitioniert* 1:1	Maximal** 5:1	Maximal** 3:1	Maximal** 1:1
Mio. € ₂₀₁₀ im Jahr 2020	337	1.530	702	1.176	3.059
Mio. € ₂₀₁₀ im Jahr 2020	285	1.318	606	1.010	2.636
Mio. € ₂₀₁₀ im Jahr 2030 degressiv	448	2.014	947	1.587	4.027
Mio. € ₂₀₁₀ im Jahr 2030 degressiv	370	1.672	783	1.304	3.342

*... „Ambitioniert“ bedeutet 1 Mio. Elektrofahrzeuge im Jahr 2030

**... „Maximal“ bedeutet 2 Mio. Elektrofahrzeuge im Jahr 2030

4 Empfehlung einer effizienten Bepreisung im Bezug auf Elektromobilität

Ein gesondertes Bepreisungssystem für Elektromobilität soll vor allem einen Einfluss auf die Verteilung der Ladezeitpunkte untertags nehmen. Dabei wird versucht, die Kosten der Aufbringung der Energie möglichst verursachungsgerecht aufzuteilen. Die Kosten der Erzeugung sind nicht über das ganze Jahr gleich (Wasser und PV vor allem im Sommer verfügbar, Höchstlast im Winter am Abend), und die Nachfrage variiert ebenfalls abhängig von Jahres- und Tageszeit. Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass technische Maßnahmen wie die Rundsteuerung ebenfalls zur Beeinflussung der Ladezeitpunkte und somit zur Vergleichmäßigung der Last angedacht werden können, jedoch hier nicht weiter behandelt werden.

In Österreich liegen nahezu alle 250 Jahreshöchstlastwerte⁷ von 2006-2010 in den Monaten von November bis Februar. Außerdem gibt es untertags eine Häufung zwischen 17:00 und 19:00 Uhr. Die Mittagszeit kann nur noch als Nebenspitze gesehen werden, wobei hier sogar ein Beitrag der Photovoltaik zur Deckung der Last im Bereich des Möglichen liegt. In Abbildung 11 wird das tageszeitliche Auftreten der 88 Lastspitzen der Jahre 2006-2010 dargestellt, welche einem Leistungshub zwischen 400 und 600 MW entsprechen.

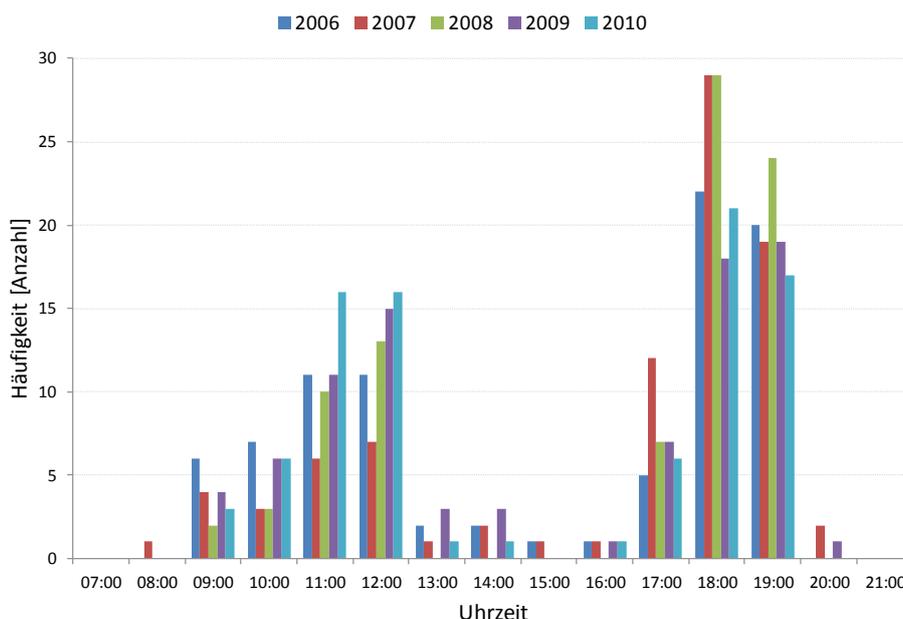


Abbildung 11: 88 Höchstlaststunden nach Auftrittszeit
2006-2010 (Quelle: (ENTSO-E); Eigene Darstellung)

Dies In Bezug auf Elektromobilität ist dies deswegen kritisch, da die meisten Personen im Zeitband von 17:00 bis 19:00 Uhr von ihrer Arbeit nach Hause kommen. Im Normalfall würde man zu diesen Zeiten beginnen sein Elektroauto aufzuladen, was die Spitzenlastsituation für

⁷ Definition der Nachfrage (Load and consumption Data) der ENTSO-E auf ihrem Datenportal https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/_library/publications/ce/Load_and_Consumption_Data.pdf

einen ungesteuerten Fall immens verschlimmern könnte. Bei der Berechnung eines vereinfachten Lastgangmodells wird im ungesteuerten Fall für zwei Mio. Elektrofahrzeuge im Jahr 2030 eine Erhöhung der Spitze um mehr als 6.000 MW festgestellt. Die Berechnung erfolgt auf Grundlage der realen Daten des Lastgangs aus dem Jahr 2006. Bis zum Jahr 2010 wird ein Verbrauchszuwachs von 2 % unterstellt. 2010 bis 2020 wird mit einem Zuwachs von 1,7 % gerechnet und 2020 bis 2030 mit 1 %. Vereinfacht wird angenommen, dass nur um 8:00 und um 18:00 zu laden begonnen wird. Um diese Erhöhung der Lastspitze zu vermeiden bzw. die Kosten verursachergerecht aufzuteilen, werden Vorschläge für zeitvariable Preisstrukturen abgegeben.

4.1 Zeitvariable Preisstrukturen im Überblick

Speziell im Zusammenhang mit der Einführung von Smart Metern wird vielerorts über das Thema der zeitvariablen Preisstrukturen diskutiert. Dabei ist das Ziel, die Spitzenlast zu senken und die Stromgestehungskosten bestmöglich an den Endkunden weiter zu geben. Es folgt ein kurzer Überblick über die geläufigsten Preisstrukturen.

4.1.1 Time-Of-Use

Time-Of-Use (TOU) ist die am längsten eingesetzte Preisstruktur. Bereits in den 50-iger Jahren hat der Verbund Konzern Energie an die Landesgesellschaften in Form einer Art TOU-Struktur verkauft. Zurückzuführen ist dieser Ansatz der Preisgestaltung vor allem auf Marcel Boiteux (Boiteux in Nelson, J.R., 1964) und Peter Steiner (Steiner, 1957).

Die einfachste Ausführung einer TOU-Struktur besteht aus zwei Perioden mit unterschiedlichen Preisen an einem Tag. Andere Ausführungen sind beispielsweise drei Preise untertags oder eine saisonale Unterscheidung zwischen Sommer und Winter.

4.1.2 Critical-Peak-Pricing

Beim Critical-Peak-Pricing (CPP) wird im Besonderen auf Länder eingegangen, welche an wenigen Tagen im Jahr einen stark erhöhten Verbrauch aufweisen (in Österreich sind dies 20 bis 25 Tage pro Jahr). Dabei wird normalerweise eine Ausführungsart von TOU als Standard herangezogen, und an diesen wenigen Tagen erfolgt dann ein Aufschlag der ein Vielfaches des Standard-Peak Preises beträgt. Eine mögliche Ausführung, welche als Mischung zwischen TOU und CPP zu sehen ist, ist der „Tarif Bleu - Option Tempo“ in Frankreich. Bei dieser seit 1995 angewendeten Preisstruktur gibt es an 300 Tagen im Jahr, an denen der Verbrauch sicher unkritisch ist, zwei Preise untertags, welche im Vergleich zu einem Durchschnittspreis sehr niedrig sind. An 43 Tagen mit verstärkter Nachfrage eine höhere Preiskombination verrechnet, um dem Kunden einen erhöhten Bedarf zu signalisieren. An 22 Tagen pro Jahr, bei denen die Erzeugung an ihre Grenzen stößt (Spitzenlast), wird eine Preiskombination die ungefähr dem fünffachen eines blauen Tages entspricht veranschlagt. Generell haben Pilotprojekte gezeigt, dass die kritischen Preise mindestens das Drei- bis Fünffache des Normalpreises betragen müssen, damit die Kunden bereit sind ihr Verbrauchsverhalten zu ändern (Faruqui & Sergici, 2009).

4.1.3 Peak-Time-Rebate

Beim Peak-Time-Rebate (PTR) wird dem Kunden ein Rabatt gewährt, wenn er seinen Verbrauch eben an jenen kritischen Tagen wie sie beim CPP beschrieben werden

einschränkt. Das Grundniveau eines Kunden wird dabei aus den Verbrauchswerten der „normalen“ Vortage, meist fünf Stück, ermittelt. In Bezug auf die Elektromobilität wird dies nur schwer möglich sein. Hier ist es anders als bei einem normalen Haushalt, welcher verschiedenste Verbraucher aufweist und somit nicht nur die Zustände EIN und AUS kennt. Somit wäre eine solche Preisstruktur nur dann sinnvoll, wenn der gesamte Haushalt auf PTR umgestellt wird.

4.1.4 Sonstige Preisstrukturen

Neben diesen drei einfachen Varianten, gilt es vor allem noch das Real-Time-Pricing (RTP) zu erwähnen. Hierbei wird ein stündlich an den Börsenpreis gekoppelten Preis an die Kunden verrechnet. Aufgrund des hohen Zeitaufwands ist dies für Elektromobilität, außer mit geeigneten preissensitiven Schaltgeräten, nicht anzuraten. Weiters gibt es einige kleine Variationen der oben genannten Preisstrukturen wie beispielsweise das Real-Peak-Time-Pricing.

4.2 An die Elektromobilität angepasste Preisstrukturen

Da der Verbrauch eines Elektromobils nicht unbedingt mit dem Haushaltslastprofil verglichen werden kann, muss die Preisstruktur speziell auf Elektromobilität abgestimmt werden. Wie bereits erwähnt, wird Real-Time-Pricing und Peak-Time-Rebate nicht unbedingt für Elektromobilität geeignet sein. Deswegen sollte es eine Kombination aus den anderen beiden Varianten sein. Bei der Wahl der verschiedenen Zeitbänder für einen bestimmten Preis wird die Nachfragesituation in Österreich der Jahre 2006-2010 als Referenz herangezogen. Hierbei wird konkret jeweils die 88, 500, 1.000 und 2.000 Höchstlaststunden, sowie die 3.000 niedrigsten Laststunden wochenende- und feiertagsbereinigt aufgrund ihrer Leistungsnachfrage analysiert.

4.3 Empfehlung eines einfachen und effizienten Bepreisungssystems

Die Ausführung einer Preisstruktur als Optimum zu wählen wird nicht zielführend sein. Am besten geeignet erscheint eine Kombination aus Time-Of-Use und Critical-Peak-Pricing. Sowohl für die Elektromobilität, als auch für das Standard-Endkundengeschäft sollte eine ausgewogene Mischung dieser beiden Varianten den positivsten Effekt erzielen. In der Umsetzung kann die erhöhte Winterspitze des TOU reduziert werden, da für die kritischen Tage die Spitze ähnlich dem CPP steuernd wirkt. Ebenfalls denkbar ist die Spitze des TOU in diesem Maße zu belassen und an den kritischen Tagen den Rabatt zu gewähren. Aus Gründen der übersichtlicheren Darstellung und der geringeren Relevanz, wird in Abbildung 12 auf den möglichen Rabatt in der Grafik verzichtet. In Tabelle 4 wird die Preisstruktur in Zahlen angegeben. Diese Preisstruktur ist sowohl auf die Herausforderungen seitens der Elektrizitätswirtschaft hinsichtlich der Kosten der Energieerzeugung durch die zeitliche Differenzierung ausgelegt, als auch auf die Bedürfnisse der Langsamladung der Fahrzeuge, da ein 9 Stunden langes Off-Peak Band genügend Zeit für die Ladung bietet. Dadurch kann jedes derzeit am Markt erhältliche Elektrofahrzeug rein in der Off-Peak Zeit geladen werden, und jene Kunden die sich für einen beliebigen anderen Zeitpunkt der Ladung entscheiden, zahlen einen Anteil für den verursachten Kapazitätszubau.

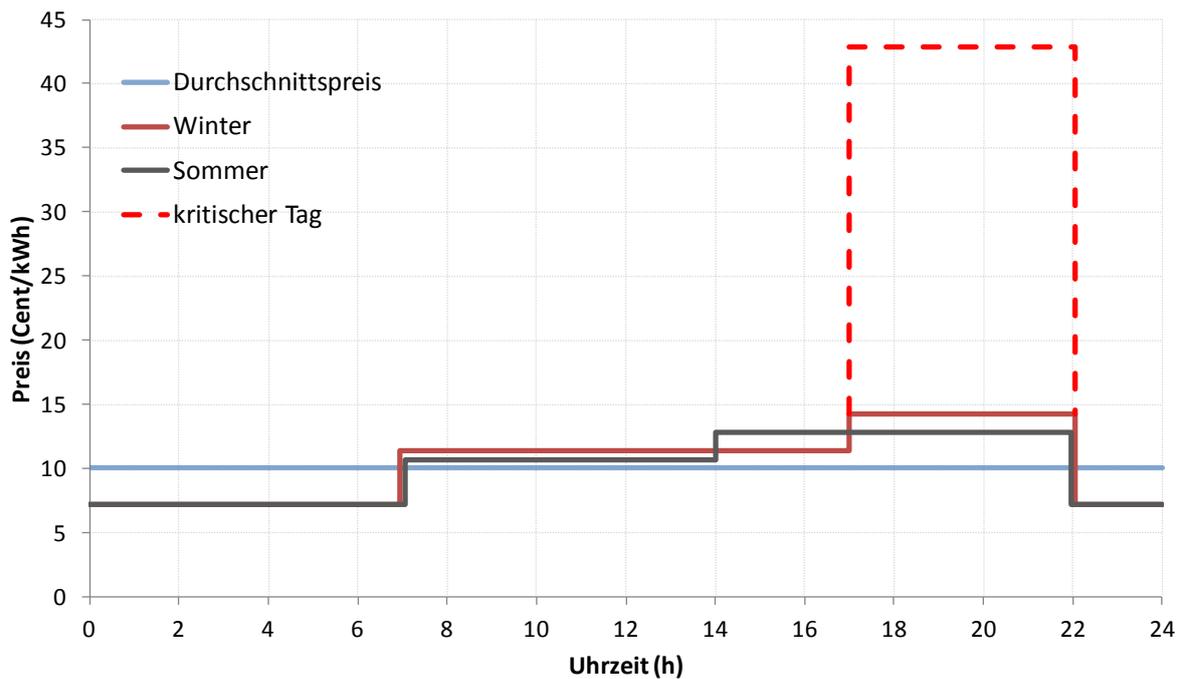


Abbildung 12: Empfohlene zeitvariable Preisstruktur für Elektromobilität in Österreich

Tabelle 4: Empfohlene zeitvariable Preisstruktur für Elektromobilität in Österreich in Zahlenwerten dargestellt

Jahreszeit	Verrechnungsperiode	Kosten je kWh (Cent)
Sommer April bis September	wochentags 22 - 7 Uhr; Wochenende und Feiertag	7,24
	wochentags 7 - 14 Uhr	10,70
	wochentags 14 - bis 22 Uhr	12,84
Winter Oktober bis März	wochentags 22 - 7 Uhr; Wochenende und Feiertag	7,24
	wochentags 7 - 17 Uhr	11,42
	wochentags 17 - bis 22 Uhr	14,27
	kritischer Tag 17 - bis 22 Uhr CPP	42,81
	kritischer Tag 17 - bis 22 Uhr PTR	- 42,81

5 Zusammenfassung und Ausblick

Das steigende Umweltbewusstsein und die derzeitigen politischen Bestrebungen ebnen den Weg für das Wiederaufleben des elektrischen Individualverkehrs. Für den Umweltaspekt ist die entscheidend, aus welchen Primärenergieträgern die Energie zur Ladung der Fahrzeuge umgewandelt wird. Wenn der Elektromobilität der Durchbruch gelingt, dann wird die wichtigste Frage sein, wie und wo man all diese Fahrzeuge laden wird. Im kleinen Rahmen ist das Laden der Fahrzeuge auch an der Steckdose kein Problem, jedoch bei Szenarien wie jenen des Umweltbundesamtes (Umweltbundesamt, 2010) kommt es bei einer ungesteuerten Ladung bereits zu massiven Probleme bei der Aufbringung und Verteilung der Energie für Elektromobilität. Deswegen sind eine dementsprechende Infrastruktur und laststeuernde Maßnahmen bei einer derartigen Durchdringung notwendig. Die Kosten für

eine Infrastruktur variieren stark mit dem Verhältnis von Fahrzeugen zu Ladesäulen. Je mehr Fahrzeuge sich eine Ladesäule teilen, desto günstiger ist die Infrastruktur, jedoch muss eine hohe Anzahl an Fahrzeugen an einer herkömmlichen Steckdose laden. Die untersuchten Fälle wiesen eine Streuung von 370 Mio. €₂₀₁₀ in der Minimalvariante, bis hin zu 4.026 Mio. €₂₀₁₀ in der Maximalvariante auf. Je mehr die Last beeinflusst werden soll, die durch die Ladung der Fahrzeuge auftritt, desto näher muss man sich der Maximalvariante nähern. Bei den Kosten der öffentlichen Ladesäulen überwiegen die Kosten der Ladesäule und der Wartungsverträge über die Kosten des Verrechnungssystems. Deswegen sollte bei der Wahl des Verrechnungssystems vor allem auf die Zuverlässigkeit, und nicht auf die Kosten geachtet werden. Weiters wird festgestellt, dass die Ladung im privaten/gewerblichen Bereich weit kostengünstiger ist als die Ladung im öffentlichen Bereich.

Laststeuernde Maßnahmen können technischer Natur (z.B. Rundsteuerung) sein, oder über zeitvariable Preisstrukturen getroffen werden. An dieser Stelle soll auf eine Preisstruktur hingewiesen werden um die Kunden zu beeinflussen, da dadurch prinzipiell keine Restriktionen bei der Ladung bestehen, jedoch die Stromgestehungskosten so gut wie möglich berücksichtigt werden. Insgesamt kann die Elektromobilität bei dementsprechender Aufbringung der Energie ideal zum Klimaschutz beitragen und in weiterer Folge auch die Primärenergieträgerabhängigkeit im Bereich der fossilen Energieträger senken. Momentan sind dazu die rasche Definition von Standards, die Verbesserung des Kundenangebots an Fahrzeugen und der politische Einfluss und die Förderung im Bereich der Infrastruktur und der zeitvariablen Preisstrukturen entscheidend. Es wird größtenteils von diesen Faktoren abhängen, ob sich die Elektromobilität in naher Zukunft durchsetzen wird oder nicht.

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „NEUE ENERGIEN 2020“ durchgeführt.

6 Literaturverzeichnis

- [1] **Boiteux in Nelson, J.R.** (1964). *Marginal Cost Pricing in Practise*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall .
- [2] **DGS.** (2009). *Elektromobilität und die Herausforderung Tankstelle*. Abgerufen am 30. 08 2011 von <http://www.dgs.de/fileadmin/files/FASM/2009.10-DGS-FASM-Altendorf-Netzintegration.pdf> <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:211:0055:0093:DE:PDF>
- [3] **e-control.** (2010). *Energie-Control Gmbh*. Abgerufen am 12. 11 2010 von <http://www.e-control.at/de/statistik/strom/marktstatistik/verbraucherstruktur>
- [4] **Electricité de France.** (12 2011). *Homepage Electricité de France*. Abgerufen am 22. 12 2011 von <http://bleuciel.edf.com/abonnement-et-contrat/les-prix/les-prix-de-l-electricite/tarif-bleu-47798.html#acc52410>
- [5] **Elektrodrive Salzburg.** (24. 11 2011). Telefonische Auskunft.
- [6] **Energie-Control Austria.** (2010a). *Systemnutzungstarife-Verordnung*. Abgerufen am 29. 11 2010 von http://www.e-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/strom/dokumente/pdfs/SNT-VO-2010_beschlossen-22_12_2009_0.pdf

- [7] **ENTSO-E.** (kein Datum). *European Network of Transmission System Operators for Electricity*. Abgerufen am 18. 11 2011 von <http://www.entsoe.eu/index.php?id=92>
- [8] **ENTSO-E** (kein Datum) *European Network of Transmission System Operators for Electricity*. Abgerufen am 04. 01 2012 von https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/_library/publications/ce/Load_and_Consumption_Data.pdf
- [9] **EStAG, Kelag, EVN, AG, L., AG, S., Tiwag, et al.** (September - Oktober 2010). *Anfrage über die aktuellen Kosten und Störkosten von Ladesäulen per e-Mail*.
- [10] **Faruqui, A., & Sergici, S.** (10. Jänner 2009). Household Response to Dynamic Pricing of Electricity - A Survey of the Experimental Evidence.
- [11] **Herry, M., Russ, M., Schuster, M., & Tomschy, R.** (2003). *Mobilität in Niederösterreich*. Abgerufen am 19. 10 2011 von http://www.noe.gv.at/bilder/d19/Mobilitaet_in_NOE.pdf
- [12] **Mathoy, A.** (2008). *Definition and implementation of a global EV charging infrastructure*. Schweiz: BRUSA.
- [13] **Schüppel, A., Gutschi, C., Hütter, D., Stigler, H.** (2012) Auswirkungen unterschiedlicher Ladestrategien für Elektrofahrzeuge auf das Elektrizitätssystem in Kontinentaleuropa
- [14] **Steiner, P.** (1957). Peak Loads and Efficient Pricing. *Quarterly Journal of Economics* , S. 585 - 610.
- [15] **Umweltbundesamt.** (2010). *Elektromobilität*. Abgerufen am 05. 07 2011 von <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0257.pdf>