



E-Mobilität im Wohnbau – Ready to URCHARGE?!

Endbericht

Juni 2021

*Gefördert durch den Klima-und Energiefonds
im Programm „Zero Emission Mobility“*

Autoren/-innen:

Jasmine Ramsebner, Albert Hiesl, Reinhard Haas,
Hans Auer, Amela Ajanovic (TU Wien – EEG)
Gerald Mayrhofer, Andreas Reinhardt (LINZ AG)
Andreas Wimmer (KEBA AG)
Erwin Ferchhumer, Bernhard Mitterndorfer (NEUE HEIMAT OÖ)
Manfred Mühlberger, Karin Mühlberger-Habiger (ETA Umweltmanagement GmbH)



Konsortium



Von l.: Andreas Wimmer (KEBA AG), Erwin Ferchhumer (NEUE HEIMAT OÖ), Andreas Reinhardt (LINZ AG), Bernhard Mitterndorfer (NEUE HEIMAT OÖ), Manfred Mühlberger (ETA), Gerald Mayrhofer (LINZ AG), Jasmine Ramsebner (TU Wien)

 TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN	Konsortialführung Effiziente Lastmanagement Ansätze im Simulationsmodell
	Konzeption und Umsetzung von Pilotprojekten Infrastrukturaufbau und Integration in vorhandenes System Installation und Test der Lastmanagementfunktionen
 Automation by innovation.	Soft- und Hardwareentwicklung geeigneter Ladeeinrichtungen Entwicklung und Test der Lastmanagementfunktionen
	Objektauswahl Bewusstseinsbildung bei teilnehmenden Bewohner/-innen Rekrutieren von interessierten Testpersonen Baubehördliche Abklärung, Erfüllung der technischen Grundanforderungen
	Analyse der Kundenanforderungen an Ladeinfrastruktur Befragungen und Workshops Rechtliche Aspekte bei Gemeinschaftsprojekten

Impressum

Technische Universität Wien
Institute of Energy Systems and Electrical Drives
Energy Economics Group – EEG

Gusshausstrasse 25-29/370-3
A-1040 Wien
Tel: +43(0)-1-58801-370303
Web: <http://eeg.tuwien.ac.at/>
E-Mail: frey@eeg.tuwien.ac.at

Inhalt

Kurzfassung	4
1. Hintergrund / Ausgangssituation.....	5
1.1. Ziele	6
1.2. Arbeitspakete	7
2. Projektumsetzung.....	8
2.1. Organisation des Feldtests: Herausforderungen und Erfolge	8
2.1.1. Objektauswahl, Userakquise & Fuhrpark	8
2.1.2. Bauliche Maßnahmen und Bewilligungen.....	10
2.2. Lastmanagement Erweiterung und Testweise	10
2.3. Aufbau des Forschungsmodells.....	12
2.4. Konzept für die Kundenperspektive	14
3. Ergebnisse.....	14
3.1. Lastmanagement im Feldtest	14
3.2. Simulationsmodell: Ergebnisse & Vergleich mit Feldtest.....	18
3.3. Kundenperspektive.....	20
3.3.1. Umfrageergebnisse	20
3.3.2. Fokusgruppeninterview.....	22
3.3.3. Umstieg auf E-Mobilität durch Urcharge	23
4. Fazit und Empfehlungen	24
4.1. Dimensionierung der Anschlussleistung	24
4.2. Ladeinfrastruktur im Wohnbau: Akteure und Beziehungen	26
4.3. Bauliche und behördliche Anforderungen	28
4.4. Erkenntnisse aus der Kundenperspektive	29
4.5. Ausblick E-Mobilität im erneuerbaren Energiesystem.....	29
5. Weitere Informationen.....	30
Referenzen	31

Kurzfassung

Eine der großen Herausforderungen für den breiten Umstieg auf Elektrofahrzeuge besteht darin, die Ladeinfrastruktur und das Laden der Fahrzeuge so zu gestalten, dass die Spitzenbelastung der Stromnetze möglichst gering bleibt, um damit einen kostspieligen und umweltbelastenden Netzausbau möglichst zu vermeiden. Besonders im urbanen, dicht besiedelten Gebiet sind effiziente, intelligente Ladelösungen gefragt, die ein unkontrolliertes Laden mit maximaler Leistung konzentriert auf Spitzenzeiten etwa am Abend vermeiden.

Im Projekt URCHARGE (URban CHARGing) wurde im bisher größten Feldtest in Österreich untersucht, wie man in Mehrfamilien-Wohnhäusern das Laden der Elektrofahrzeuge so steuern kann, dass die gewünschte Aufladung der Batterie erreicht wird und gleichzeitig die Netzbelastung möglichst niedrig ist. Für den sechsmonatigen Feldtest tauschten 49 Haushalte einer Linzer Wohnsiedlung der NEUEN HEIMAT OÖ ihr Verbrenner-Auto gegen ein E-Auto, das vom Autohaus Sonnleitner und der LINZ AG kostengünstig zur Verfügung gestellt wurde—zwei weitere nahmen mit ihrem eigenen E-Auto teil. In der Parkgarage wurden an den Parkplätzen der User KEBA Wallboxen installiert, die in eine steuerbare Gesamtlösung integriert waren.

Die Ergebnisse des Feldtests zeigen, dass durch die dynamische Steuerung die benötigte Leistung für das Aufladen der E-Fahrzeuge stark reduziert, die Aufladezeitpunkte verschoben und damit Netzspitzen vermieden werden konnten. Die User haben diese Lastverschiebungen kaum bemerkt, die Zufriedenheit mit dem Laden war insgesamt hoch. Dass langsames Laden mit geringer Leistung zudem die Batterie schont, erhöht die Akzeptanz zusätzlich, wie die Begleitforschung durch die ETA Umweltmanagement ergab.

Mit den Daten aus einer österreichischen Mobilitätsstudie wurde von der TU Wien Energy Economics Group ein Gesamtmodell für Österreich entwickelt, verschiedene Ladeszenarien und die Integration in ein auf erneuerbarer Energie basierendes Energiesystem analysiert. Dieses wurde mit den Feldtest Ergebnissen validiert. Durch intelligentes Lademanagement ist es auch bei vollständigem Umstieg auf Elektrofahrzeuge möglich, große Investitionen in das Stromnetz und Stromerzeugungskapazitäten für Spitzenzeiten mit den verbundenen ökologischen Auswirkungen zu vermeiden und gleichzeitig den erforderlichen Ladekomfort für die User zu garantieren.

Dazu müssen jetzt die erforderlichen Rahmenbedingungen geschaffen werden, damit beim erwarteten großflächigen Ausbau der Ladeinfrastruktur sichergestellt wird, dass intelligente, steuerbare Systeme installiert und Anreize für netzdienliches Laden geschaffen werden. Zudem sollte in Forschungsprojekten und Praxistests die erfolgreiche Integration der E-Mobilität mit erneuerbaren Energietechnologien in ein effizientes Gesamtsystem untersucht werden.

1. Hintergrund / Ausgangssituation

„Bleibt das Stromnetz stabil, wenn immer mehr Haushalte ein Elektroauto besitzen *und alle gleichzeitig laden wollen?*“. Eine häufig gestellte Frage in Zeiten der Energiewende und der einhergehenden Elektrifizierung auch im Individualtransport als emissionsloser Antrieb – bei der Nutzung von erneuerbarem Strom. Die Antwort darauf müssen intelligente Ladelösungen sein. Ladeinfrastruktur an öffentlichen Plätzen wird bereits großflächig ausgerollt und auch für Einfamilienhäuser gibt es einfache Lösungen. Allein im urbanen, verdichteten Wohngebiet ist der Weg zur effizienten Gemeinschaftslösung lang. Abbildung 1 und 2 zeigen die dichtere Besiedlung im städtischen Linzer Gebiet im Vergleich zum Österreichischen Durchschnitt. Einzellösungen können hier langfristig die Netzkapazitäten stark beanspruchen, da die E-Autos beim Anstecken unkontrolliert die maximale verfügbare Ladeleistung in Anspruch nehmen. Gerade im verdichteten Wohnbau hat Lastmanagement (LM) extremes Potenzial und kann bei langen Parkzeiten über Nacht die Ladeleistung netzdienlich verteilen, sodass Lastspitzen durch die E-Mobilität und ihre Folgen—wie ein Netzausbau oder die Nutzung von Spitzenstromkapazitäten die oft auf fossilen Ressourcen basieren—vermieden werden.

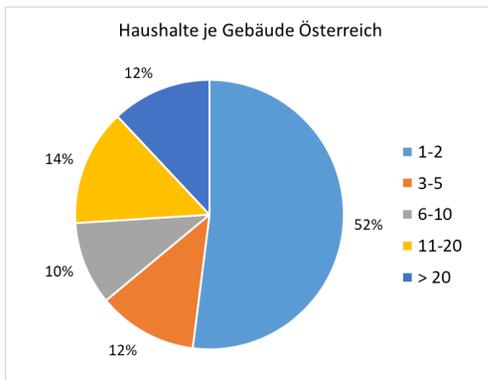


Abbildung 1 Haushalte je Gebäude in Österreich

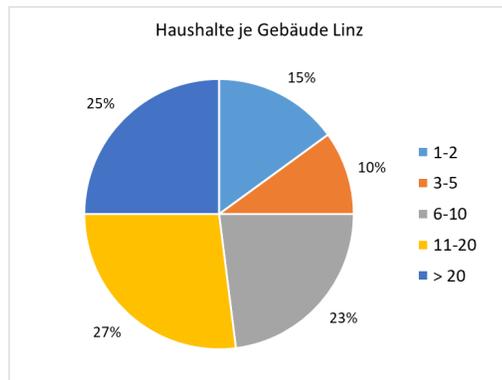


Abbildung 2 Haushalte je Gebäude in Linz

Um die Klimaziele von Paris einzuhalten, müssten in zehn Jahren an die 30 Prozent des privaten Pkw-Bestands in Österreich und Deutschland elektrifiziert sein [2]. Damit kommen unweigerlich höhere Belastungen auf die Stromnetze zu, aber wie hoch sind diese genau und ab wann könnte die Belastung kritisch werden? Das Projekt soll wichtige Antworten zur Alltagstauglichkeit der E-Mobilität und Erkenntnisse für den weiteren Ausbau unseres Stromnetzes liefern.

Die Hochlaufkurven aus Abbildung 3 sind laut einer Studie [2,3] notwendig, um die von der österreichischen Bunderegierung 2018 zugesagten Klimaziele zu erreichen. Mittlerweile sind die Ziele weiter erhöht worden. Dadurch sind diese notwendigen Zuwächse an E-Mobilität letztendlich mehr als erforderlich. Dies setzt gerade in

E-Mobilität im Wohnbau – Ready to URCHARGE?!

Gleichverteilung der verfügbaren Leistung über maximal 16 Ladepunkte (LP). Damit sollen die Spitzen in der Stromnachfrage durch E-Mobilität minimiert und ein möglichst netzdienlicher Ladeprozess garantiert werden. Zudem werden die Kundenanforderungen für das private Laden von E-Autos anhand gezielter Umfragen und Workshops ermittelt sowie rechtliche Fragen und mögliche Hemmnisse beleuchtet. Die detaillierten Befragungen und Interviews mit den Bewohner/-innen des Testobjekts, sollten wichtige Informationen zur Einstellung gegenüber der E-Mobilität und Ladeinfrastruktur, sowie Anforderungen an Design, Tarifstruktur und Handhabung preisgeben und in zukünftige Lösungen einfließen.

Ein weiteres Ziel des Feldtests war die Aufdeckung administrativer, regulatorischer Hürden und das Schaffen einer Basis für weitere Projekte im großen Wohnbau bzw. Garagen. Im Projektzeitraum wurde zudem ein Simulationsmodell aufgebaut, mit modellierten, repräsentativen Fahrprofilen, das eine flexible Änderung der Parameter, LM-Ansätze und Input Daten zulässt, und eine Analyse der Auswirkungen auf das Stromnetz bis 100 % E-Mobilität ermöglicht. So besticht URCHARGE mit einem Gesamtkonzept, das technische, wissenschaftliche, ökonomische, ökologische und soziale Perspektive berücksichtigt.

1.2. Arbeitspakete

Der Projektplan mit den Arbeitspaketen ist in Abbildung 5 ersichtlich. Die Weiterentwicklung des LM (3) wurde frühzeitig vorbereitet, um den Feldtest (4) möglichst umfassend nutzen zu können (Details siehe Abschnitt 2.1.3). Der 6-monatige Feldtest (5 Monate aktiv, 1 Monat Vor- und Nachbereitung) diente zum Monitoring des Ladeverhaltens, dem Test der vorbereiteten LM Funktionalitäten und der Erweiterung anhand gewonnener Erkenntnisse.

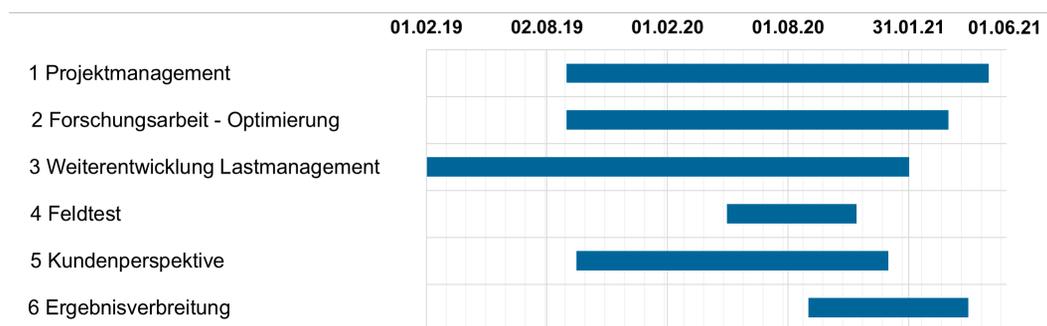


Abbildung 5 URCHARGE Projektplan

Die Forschungsarbeit (2) umfasst den Aufbau eines Modells für Analysen über den Feldtest hinaus durch die Modellierung fiktiver User, Analysen der Lastspitzen durch E-Mobilität bis 100 % Marktverbreitung—ungesteuert und mit unterschiedlichen

Lastverteilungsansätzen. Die Befragungen der User (5) im Wohnbau bezüglich der Einstellung zu und Erfahrung mit der E-Mobilität umschließen den Feldtest. Abschließend wurden konkrete Schlussfolgerungen erarbeitet und in die zukünftige Lösung integriert (6). Diese umfassen eine Einschätzung der notwendigen Leistung je LP (siehe Abschnitt 4.3) und des Vorteils von LM für das Stromnetz, sowie eine Übersicht der Akteure und Beziehungen bei der Umsetzung einer gemeinschaftlichen LM Lösung im Wohnbau (siehe Abschnitt 4.4).

2. Projektumsetzung

Während der Projektumsetzung mussten einige Voraussetzungen geschaffen und Hindernisse überwunden werden. Diese reichen von der Organisation des Feldtests, der ein geeignetes Objekt mit ausreichend potenziellen Usern und eine entsprechende Anzahl an E-Fahrzeugen benötigt, über die baulichen Maßnahmen zur Installation der Ladeinfrastruktur, bis zur Vorbereitung des LM auf den Feldtest, den Aufbau des Forschungsmodells für weitere Analysen, sowie ein entsprechendes Konzept und die Kontaktaufnahme für die Befragungen der User.

2.1. Organisation des Feldtests: Herausforderungen und Erfolge

2.1.1. Objektauswahl, Userakquise & Fuhrpark

Voraussetzungen für den Feldtest der LM-Erweiterung:

- ein passendes Objekt mit über 100 Haushalten und Garagenparkplätzen,
- ca. 50 User die bereit sind 6 Monate ein E-Auto zu testen
- ebenso viele Elektrofahrzeuge, die möglichst gratis bereitgestellt werden,
- die passende Infrastruktur aus Wallboxen, der zentralen Steuerung, Monitoring Equipment und entsprechender Verkabelung.

Nach dem gemeinsamen Projekt Kick-off im September 2019, wurde sofort damit begonnen mögliche Objekte für den 6-monatigen Feldtest aufgrund der Größe, Bewohnerstruktur und dem Alter der Anlage auszuwählen. In vier Wohnanlagen wurde das Interesse an einer Projektteilnahme abgefragt, wobei ein Objekt mit vielen potenziellen Usern besonders positiv hervorstach. Nach intensivem Austausch mit interessierten Bewohner/-innen und einer Präsentationsveranstaltung war es im Dezember 2019 besiegelt—in der Wohnanlage der NEUEN HEIMAT OÖ in der Siedlung „Linse Kleinwörth“ (siehe Abbildung 6) würden 51 User für das Projekt wichtige Daten bereitstellen.

Das Teilnehmerfeld stellt eine bunte Mischung aller Altersgruppen und Erfahrungsniveaus bezüglich E-Mobilität dar. Während zwei mit ihrem eigenen Tesla teilnahmen, fuhren viele zum ersten Mal mit den von LINZ AG und dem Autohaus Sonnleitner kostengünstig zur

E-Mobilität im Wohnbau – Ready to URCHARGE?!

Verfügung gestellten Renault Zoe oder Nissan Leaf und sind sogar teils sehr skeptisch gegenüber den elektrisch betriebenen Fahrzeugen. Der Reiz sich ein eigenes Bild zu machen war allerdings verlockend! So bauen unsere Ergebnisse und Erfahrungen auf einer repräsentativen Zielgruppe und nicht ausschließlich auf Pionieren und eingefleischten E-Mobilisten auf. Außerdem erfahren wir Hemmnisse im Umstieg auf ein E-Auto und Anforderungen an Ladeinfrastruktur von „Neulingen“, um in entstehenden Entwicklungen größere Akzeptanz zu erreichen.

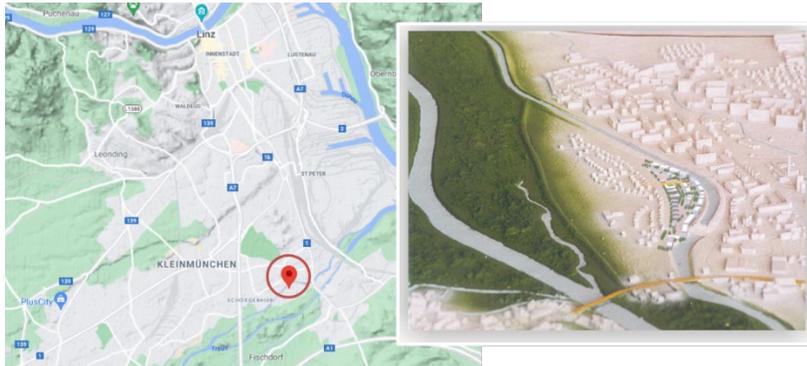


Abbildung 6 Objekt für den Feldtest: Linse Linz Kleinwörth (NEUE HEIMAT OÖ)

Die Rahmenbedingungen für die User im Zusammenhang mit dem Betrieb der Fahrzeuge:

- Kein Verbot während der Projektphase die (Privat)Autos zu benutzen – es wurde jedoch gebeten, einen Gebrauch möglichst zu vermeiden.
- Jeder User im Feldtest bekam auf seinem Parkplatz kostenfrei eine intelligente Wallbox installiert. Auch das Laden beim privaten Ladeplatz war gratis.
- Die User bekamen eine Rechnung über die anfallenden Kosten zur Einsicht – es wurde jedoch nicht vom Konto abgebucht. Das öffentliche Laden wurde entsprechend des Standardtarifs der LINZ AG verrechnet.
- Die User wurden informiert, dass Tests durchgeführt werden. Diese werden jedoch nicht vorangekündigt. Für den Fall von Problemen mit Fahrzeug oder Ladeinfrastruktur wurde eine Hotline-Nummer bekannt gegeben.
- Die User wurden gebeten an diversen Umfragen und Fokusgruppeninterviews teilzunehmen

Eine weitere Herausforderung in der Durchführung des Feldtests stellte die COVID-19 Pandemie, die Österreich kurz vor dem geplanten Start erreicht hatte, dar. Nach intensiven Gesprächen innerhalb des Projektkonsortiums und mit der Förderstelle, wurde ein Start im Mai 2020 erfolgreich umgesetzt, um das Interesse der User nicht zu gefährden und die bereitgestellten Fahrzeuge weiter nutzen zu können. Eine offizielle Startveranstaltung musste gemäß den Maßnahmen zur Eindämmung der Pandemie

ausfallen. Mit einer umfangreichen Einschulung und zusätzlichem Informationsmaterial, konnten die User sich allerdings gut an ihr Fahrzeug gewöhnen.

2.1.2. *Bauliche Maßnahmen und Bewilligungen*

Die Installation der Wallboxen und der Netzanschlusskabel war aufgrund der Anwesenheit der privaten Fahrzeuge der Teilnehmer/-innen auf den Parkplätzen und mehrstündigen Stromabschaltungen herausfordernd und die Zustimmung der weiteren Bewohner/-innen gegenüber dem Projekt durfte nicht gefährdet werden. Das Testobjekt bestand aus zwei getrennten Garagen, in denen 27 und 24 Ladepunkte koordiniert wurden. Im Theresia-Brandl-Weg 11 gab es einen gemeinsamen Netzanschluss über ein Al-Kabel (95²) für insgesamt 22 Wohneinheiten (WE) je 18 kW bei einer Gleichzeitigkeit von 0,21, was insgesamt 83 kW entsprach. Das Kabel konnte bis zu einer Leistung von 111 kW eingesetzt werden, d.h. es blieben für die E-Mobilität 28 kW Leistungsreserve. Aus Gründen der Versorgungssicherheit wurde beschlossen, dass für die E-Mobilität 43kW zur Verfügung stehen sollten und auf die nächst höhere Dimensionierung der Zuleitung auf 150² (etwa 138 kW) ausgebaut wird. Ähnliches wurde im zweiten beteiligten Objekt im Theresia-Brandl-Weg 17 durchgeführt.

Vor Auswahl der in Frage kommenden Objekte und gewissenhafter Prüfung der bestehenden Richtlinien und der einzelnen Baubescheide konnte das Projektteam grundsätzlich davon ausgehen, dass die Nachrüstung der E-Ladestationen in den beiden Tiefgaragen ohne weitere bauliche Maßnahmen bezüglich Brandschutz oder anderen Auflagen möglich war. Auf Grund der medialen Berichtserstattung wurden die Behörden auf das Projekt aufmerksam und ordneten eine nachträgliche baubehördliche Besichtigung an. Hier gab es Unstimmigkeiten seitens des Magistrats, was die geltenden Bestimmungen betrifft und die NEUE HEIMAT OÖ erbrachte nachträgliche brandschutztechnische Maßnahmen in Absprache mit der Baubehörde und Berufsfeuerwehr Linz. Zum weiteren Verlauf siehe Abschnitt 4.

2.2. Lastmanagement Erweiterung und Testweise

Die Ladeinfrastruktur wurde vorab auf den zugewiesenen Parkplätzen der teilnehmenden User installiert und die Software und Steuerungsstation mit den folgenden Weiterentwicklungen getestet:

1. Weiterentwicklung der LM-Software für stabile Steuerung von >150 LP
2. **Dynamische** Leistungsobergrenze: Steuerung anhand der Haushaltsnachfrage oder andere Abnehmer möglich
3. **Keine ungenützten Reserven:** Verteilung der Leistung auf alle LP/Wallboxen
4. **Smart Charging:** Zuweisung beliebiger Leistungsprofile je LP/Wallbox möglich (z.B. Tag/Nacht Laden, ...)

E-Mobilität im Wohnbau – Ready to URCHARGE?!

5. **Phasengenaue** Verteilung der verfügbaren Leistung (siehe Abbildung 7): Freilegung von Ladekapazitäten durch die Erkennung 1- bzw. 2-phasiger Fahrzeuge → Kein Blockieren der nicht belasteten Phasen
6. **Ausfallsicherheit:** Fallback-Lösung, falls zentraler Master ausfällt

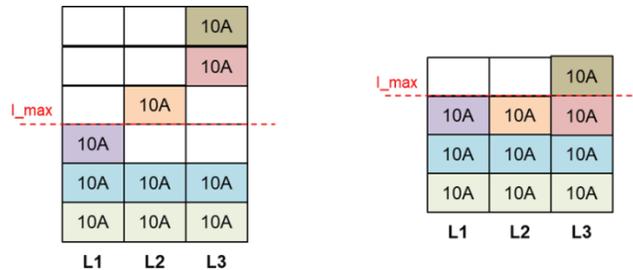


Abbildung 7 Kapazitätseinsparung durch Freilegung freier Phasen bei 1-2-phasigen Fahrzeugen (KEBA AG)

Abbildung 8 beschreibt den Aufbau des LM-Netzwerks in dem die lokale Steuerungseinheit die Ladevorgänge an den untergeordneten LP (KEBA KeContact P30 Wallbox) koordiniert. Es besteht zudem eine Schnittstelle zum Betreiber und dem Netzanschluss für dynamisches und smartes Laden. Im gewählten Testobjekt würde die LM-Funktion über 2 getrennte Garagen getestet (27 bzw. 24 LP).

URCHARGE – Large Scale Loadmanagement

Systemaufbau

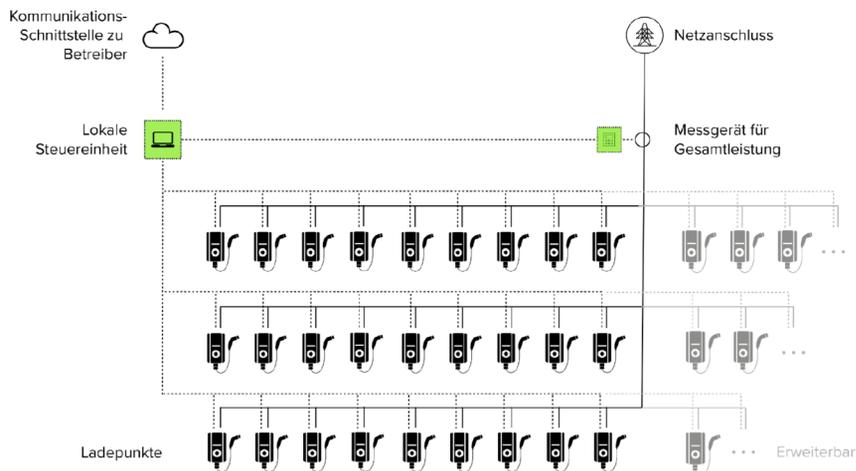


Abbildung 8 Lastmanagement Netzwerk und Verbindung zwischen der Steuerungseinheit und den Ladepunkten sowie der Schnittstelle zum Netzanschluss und dem Betreiber (KEBA AG)

Während des Feldtests wurde die Ladeleistung, wie in Abbildung 9 dargestellt, im Zeitablauf stufenweise verringert und das LM war gefordert die Ladevorgänge entsprechend zu verteilen. Begonnen wurde ohne das phasenkorrekte Laden mit einer

E-Mobilität im Wohnbau – Ready to URCHARGE?!

Leistung von 1,3 kW/LP und reduziert auf bis zu 0,9 kW/LP. Zwischenzeitlich wurde seitens KEBA ein Softwarerelease eingespielt. Eine der Hauptänderungen für das Projekt URCHARGE sollte die verbesserte Ausnutzung der Phasen sein, wie oben unter Punkt 5 beschrieben. Ab der Testwoche 10 wurde das phasenkorrekte Laden getestet und die Leistung sogar noch weiter reduziert auf 0,8 kW/LP ab KW40. Danach erfolgte die Reduktion der Peak Zeiten durch ein Absenken der Leistung zwischen 18:00 - 24:00 Uhr, einer höheren zugelassenen Leistung während des Tages und einer Nutzung der langen Standzeiten über Nacht mit geringer Leistung.

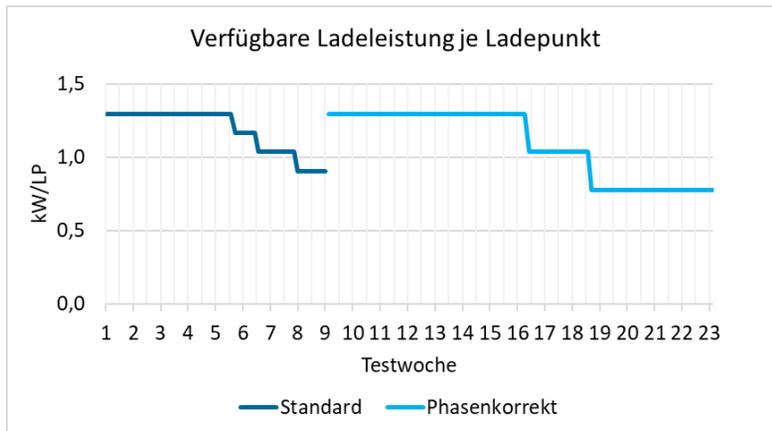


Abbildung 9 Verfügbare Leistung je Ladepunkt in Testphasen (LP... Ladepunkt)

Die gesetzten Maßnahmen wurden den Nutzern nicht im Detail kommuniziert. Es wurde nur zu Beginn des Projektes darauf hingewiesen, dass es zu Tests an der Ladeinfrastruktur kommen wird.

2.3. Aufbau des Forschungsmodells

Das Simulationsmodell bietet die Möglichkeit einer Abbildung der Wirklichkeit mit einer flexiblen Veränderung der Parameter und Input Daten für Analysen, die im Feldtest nicht direkt umsetzbar sind. Wir bilden einen ähnlichen Wohnbau wie das Testobjekt ab, mit 106 Haushalten und einer entsprechenden Haushaltsstromnachfrage anhand von Messdaten. Zusätzlich modellieren wir einen beliebigen Anteil an E-Autos – bis zu 100 % der Fahrzeuge in der Anlage – bei einem Garagenstellplatz je Haushalt. Dazu erarbeiten wir aus einer österreichischen Mobilitätsstudie [4] eine Verteilung der Wegzwecke, - Strecken, -und Häufigkeiten. Dies ergibt einen bestimmten Verbrauch und Ladebedarf. Außerdem erhalten wir aus der Verteilung der Fahrtstart- und Endzeitpunkte die Stunden in denen das Auto zum Laden bereitsteht – meist zu Hause oder am Arbeitsplatz. Mit den Verbrauchsdaten und Parkzeiten für alle Autos in der Garage, ist der Spielraum für das LM festgelegt.

E-Mobilität im Wohnbau – Ready to URCHARGE?!

Abbildung 10a zeigt die modellierte Verteilung des ungesteuerten Ladebedarfs für verschiedene Wegzwecke mit ihren Start und Endzeitpunkten über einen Tag verteilt und Abbildung 10b macht den Unterschied zwischen Wochentagen und dem Wochenende klar [5].

Allerdings bestehen im Modell andere Rahmenbedingungen als in der Realität:

- Der Ladebedarf des gesamten Jahres ist zur Optimierung für die LM Ansätze bekannt
- Allerdings führen wir auch eine realere, täglich rollierende Optimierung durch – auf der Suche nach der minimalen Ladeleistung, die unter möglichst realen Umständen vorgehalten werden muss, um die Nachfrage zu decken.
- Das Modell kennt den Batterieladestand und den nächsten Startzeitpunkt
- Wir berücksichtigen keine 3-Phasigkeit, jedes Fahrzeug kann bis zu 3,7 kW ziehen

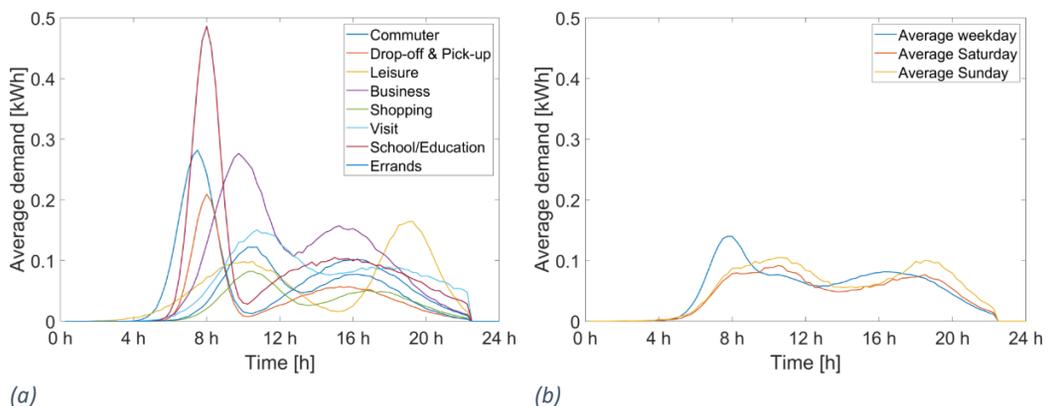


Abbildung 10 Durchschnittlicher Tag für ein durchschnittliches Fahrzeug für alle Fahrzwecke (a) und Durchschnittsprofil über alle Fahrtzwecke für Wochentag, Samstag und Sonntag (b) [5]

Die Ladeansätze, deren Ergebnisse wir in Abschnitt 3.2 zeigen, sind wie folgt definiert:

- **Unkontrolliertes Laden**
Laden bei voller Leistung bei Ankunft am Parkplatz
- **Optimierung bei geringer Ladeleistung**
Ähnlich zu realer Funktion des LM im Feldtest
- **Laden abseits der Haushaltslastspitzen**
Nicht in Feldtest umgesetzt aber dynamische Reaktion auf andere Abnehmer technisch möglich

Aus den Unterschieden zu den Realdaten im Feldtest lässt sich weiteres Potenzial für die Effizienz des LM ableiten.

2.4. Konzept für die Kundenperspektive

Die detaillierte Betrachtung der Kundenanforderungen dient dazu, weitere Erkenntnisse für attraktives, userfreundliches LM zu sammeln, die in Weiterentwicklungen des Designs, der technischen Funktionen und der Tarifmodelle einfließen. Der Erfolg von technisch optimierten Ladelösungen im Sinne des LM hängt ebenso von der Akzeptanz bei den potenziellen Usern, wie von der raschen Verbreitung von E-Fahrzeugen ab. Ist die Ladeinfrastruktur in ausreichender Qualität und Menge verfügbar, ist die Entscheidung zum Umstieg auf ein E-Fahrzeug wahrscheinlicher—auch dies geht aus den Befragungen hervor.

Insgesamt wurden drei Online-Befragungen durchgeführt, ergänzt durch ein tiefergehendes Fokusgruppen-Interview (siehe Abbildung 11). In der Phase vor dem Feldtest wurde die Grundeinstellung zur E-Mobilität abgefragt. Während und nach dem Feldtest wurde die Erfahrung mit dem E-Fahrzeug, vor allem aber dem Ladekomfort, und Veränderungen in der Einstellung überprüft. Das Fokusgruppen-Interview diente einer tieferen Diskussion zum LM und etwaigen weiteren Designwünschen.



Abbildung 11 Der Zeitplan für die Analyse der Kundenperspektive im Projekt URCHARE.

3. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus dem Feldtest, dem Simulationsmodell und den Kundenbefragungen erläutert. Im Anschluss in Abschnitt 4 werden diese Erkenntnisse zu einem bereichsübergreifenden Fazit und Empfehlungen integriert.

3.1. Lastmanagement im Feldtest

Die 51 User haben im aktiven Testzeitraum von 5 Monaten 280.000 km zurückgelegt, was einer jährlichen Distanz von 13.200 km entspricht. Die Jahresfahrleistung war somit leicht über dem österreichischen Durchschnitt im städtischen Gebiet von 12.237 km [4] — somit sind die Ergebnisse repräsentativ. Das war mit den Einschränkungen durch die COVID-19-Pandemie nicht zu erwarten und entstand vermutlich aus der Vermeidung öffentlicher Verkehrsmittel, dem Gratisladen und häufigeren oder ausgiebigeren Fahrten zum Testen des E-Fahrzeugs. **45.352 kWh** wurden in der Garage und **1.864 kWh** an öffentlichen Ladestationen geladen—also insgesamt **47.215 kWh**. Das entspricht je Fahrzeug **926 kWh** und einem Verbrauch von 17 kWh/100 km. So wurden während des Feldtests, im Vergleich zu fossil betriebenen Fahrzeugen, rund 42 t direkte Treibhausgase eingespart.

E-Mobilität im Wohnbau – Ready to URCHARGE?!

Die gesamte Ladeenergie und Fahrleistung je User im Testzeitraum ist in Abbildung 12 dargestellt.

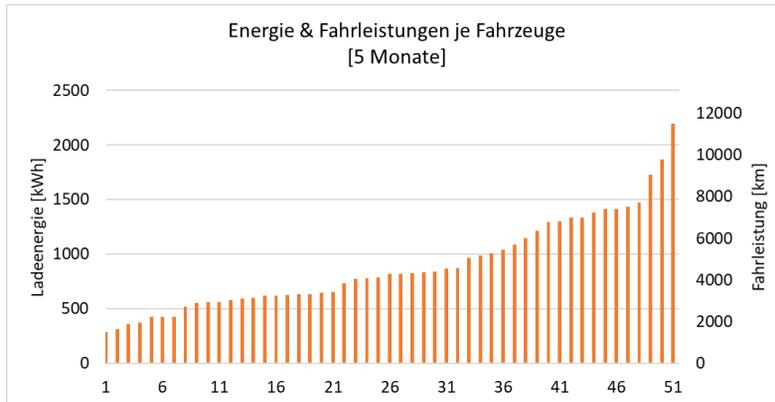


Abbildung 12 Ladeenergie [kWh] und Fahrleistung in km je User

Die Ansteckzeitpunkte fokussierten sich wie erwartet auf die Abendstunden zwischen 17 und 19 Uhr und die Absteckzeitpunkte zwischen 6 und 7 Uhr morgens (siehe Abbildung 13).

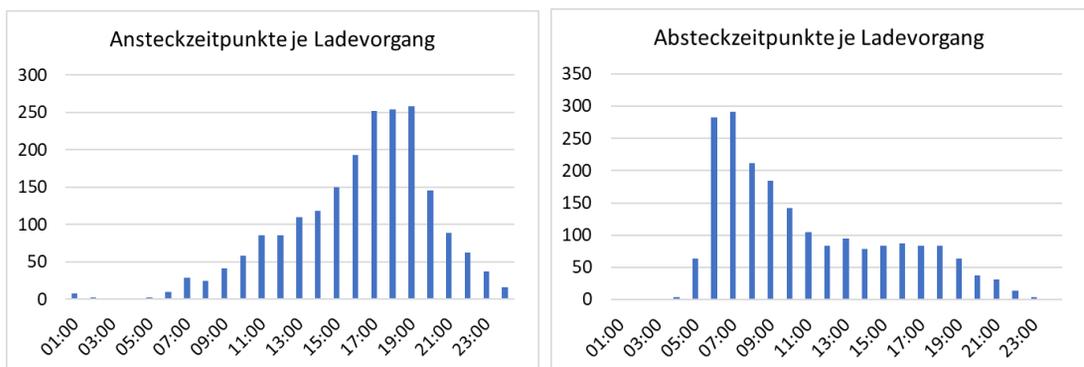


Abbildung 13 An- und Absteckzeitpunkte je Ladevorgang

Erkenntnisse aus dem Betrieb

- Der Betrieb des LM war lediglich in der Startphase herausfordernd – Einstellung des niedrigsten Ladestroms.
- Das Verhalten der User war anfänglich verunsichert. Die Ansteckhäufigkeit der User war zu Beginn des Projektes hoch und nahm mit der Projektlaufzeit ab.
- Der Einbau/die Nachrüstung von Ladeinfrastruktur ist auch im Bestand in größerem Umfang möglich. Die Abschätzungen hinsichtlich der benötigten Leistung je LP wurden bestätigt und sogar unterboten.

E-Mobilität im Wohnbau – Ready to URCHARGE?!

Abbildung 14 zeigt die Ansteckdauer in Stunden gegenüber der Ladedauer in % für 3-phasige Fahrzeuge. Ist die Ladedauer bei 100 %, so entspricht die Lade-der Ansteckdauer und der Ladevorgang war voraussichtlich noch nicht fertig. Es wird ersichtlich, dass die meisten Ladevorgänge unter 12 h abgeschlossen waren. Es wurden durchschnittlich je Ladevorgang 25,7 kWh geladen bei einer Dauer von 3,7 h bei 3-phasigen Fahrzeugen. Die Ansteckzeit betrug durchschnittlich 16,7 h und das Verhältnis zur Ladezeit 44 %. In 13 % der Ladevorgänge wurde nach 2h wieder abgesteckt, dabei waren 54 % bereits wieder voll. 43 % nach 2-4 h davon waren 89 % voll. Von den 44 % die länger angesteckt waren als 4h waren 96 % vollgeladen. Während des Feldtests wurde beobachtet, dass 1-phasige Fahrzeuge ein höheres Risiko aufweisen beim Abstecken nicht vollgeladen zu sein. Hier ist die durchschnittliche Ladedauer doppelt so lang, die Lade-zu Ansteckdauer damit höher (55 %) und der Anteil an Vollladungen je Zeitabschnitt etwas geringer.

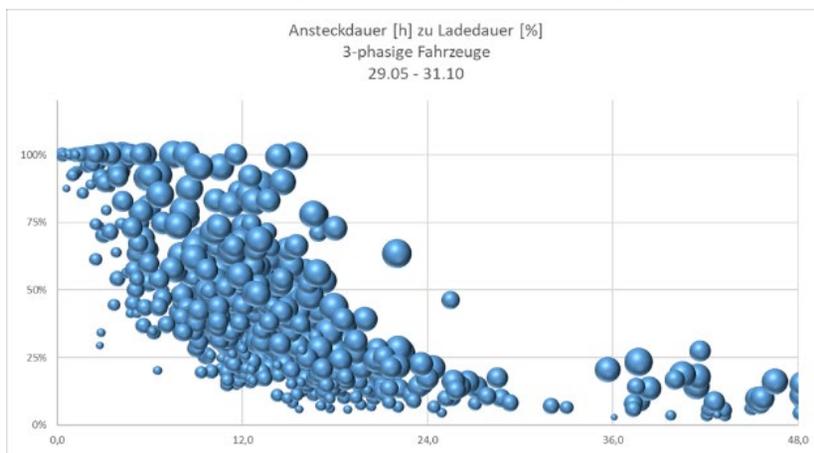


Abbildung 14 Ansteckdauer in h zu Ladedauer in % für 3-phasige Fahrzeuge im Testzeitraum

Abbildung 15 und Abbildung 16 zeigen die Veränderung der konsumierten Ladeleistung durch die Leistungsreduktion für 1,3 kW/LP und 0,9 kW/LP. In der betrachteten Garage wurden 27 LP koordiniert. Die Leistungsreduktion führte zu einem längeren Ladezeitraum für alle Fahrzeuge. Die User haben dies beim Anritt der nächsten Fahrt am Morgen jedoch so gut wie nie bemerkt (siehe Abschnitt 3.3).

E-Mobilität im Wohnbau – Ready to URCHARGE?!

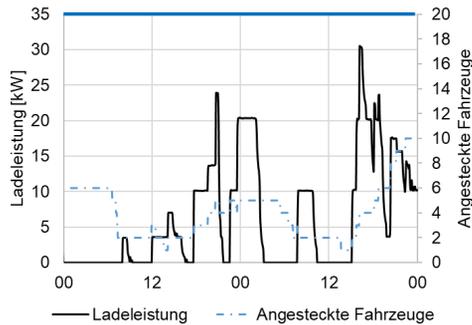


Abbildung 15 Ladeleistung mit einer verfügbaren Leistung von 35 kW für 27 LP (1.3 kW/BEV) [6]

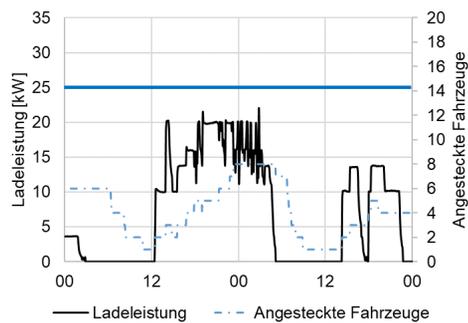


Abbildung 16 Ladeleistung mit einer verfügbaren Leistung von 25 kW für 27 LP (0.9 kW/BEV) [6]

Der Feldtest bei 50 % E-Mobilität zeigte, dass mit effizientem LM die Summenanschlussleistung am Hausanschluss drastisch gesenkt werden kann. Bei großen Ladeanlagen als technische Gesamtlösung kann mit effizientem LM für die Berechnung der Gesamtleistung die anteilige Leistung je LP bei ca. 1,2 kW gewählt werden (bei 27 LP = 32,4 kW), wenn die einzelnen LP elektrisch jeweils mit 11 kW 3-phasig angeschlossen werden und die Gesamtleistung durch ein LM begrenzt wird. Trotz einem somit gesicherten Gleichzeitigkeitsfaktor von lediglich 0,11 steht damit an jedem LP eine hohe flexible Leistung zur Verfügung. Dies führt zu einer Kostenersparnis bezüglich der installierten Anschlussleistung und hat im Vergleich zu ungesteuertem Laden weitläufig positive Auswirkungen auf die Kosten für die Netzinfrastruktur und Stromerzeugungskapazitäten. Das kontrollierte Laden hielt die Lastspitzen für den Netzbetreiber sehr gering. Bei noch niedrigeren Ladeleistungen wurden hingegen deutlich längere Ladedauern beobachtet. Inwieweit weitere Leistungsreduktionen mit dem zufälligen Ladeverhalten und dem variablen Energiebedarf noch vertretbar sind, bedarf weiterer gezielter Analysen & möglicherweise effizienzsteigernde Entwicklungen.

Bei ungesteuertem Laden müsste Summenleistung entsprechend hoch gewählt werden, wie hier am Beispiel der Testgarage mit 27 Fahrzeugen dargestellt:

- 27 x Nutzung der verfügbaren 11 kW/LP = 297 kW
- 27 x 5,5 kW = 148 kW (darunter unterbrechen manche E-Fahrzeuge den Ladevorgang)
- 27 x 1-phasig 2 kW = 54 kW
→ keine Flexibilität! 40 kWh - 20 h Ladedauer

Für den Netzausbau stellt eine technische Gesamtlösung mit intelligentem LM in der gezeigten Form eine hocheffiziente Entlastung dar und übertrifft die erzielbaren Gleichzeitigkeitsfaktoren (GF) von ungesteuertem Laden deutlich (vgl. [7]: Sättigung GF bei 0,2). In weiteren Ausbaustufen könnte dieses LM um externe Parameter, wie Informationen zur allgemeinen Netzsituation oder auch zum Ladezustand des Fahrzeugs

ergänzt werden, um die Lasten zur weiteren Optimierung zu verschieben. So werden beispielsweise öffentlich Maßnahmen diskutiert, dass Ladeanlagen in Spitzenlastzeiten über ein regionsübergreifendes Signal (z.B. Rundsteuerempfänger) durch den Netzbetreiber zurückgeregelt werden könnten. Hier muss beachtet werden, dass eine Anlage mit intelligentem LM bereits einen sehr niedrigen Gleichzeitigkeitsfaktor $<0,12$ sicherstellt, der den eines ungesteuerten LPs (z.B. im Einfamilienhausbereich) deutlich unterbietet. Es sollte daher eine differenzierte Betrachtung der zumutbaren Leistungsreduktion durchgeführt werden, damit LM-Systeme nicht gegenüber ungesteuerten Ladesystemen benachteiligt werden.

3.2. Simulationsmodell: Ergebnisse & Vergleich mit Feldtest

Die Ergebnisse der Begleitforschung decken sich weitestgehend mit den Erfahrungen aus dem Feldtest. Auch die modellierten User erfüllen die jährlich durchschnittliche Fahrleistung in Österreich und die Ergebnisse sind nach Abgleich mit dem Feldtest valide. Abbildung 17 zeigt einen Vergleich bei 50 % E-Mobilität im abgebildeten Wohnbau zwischen den Realdaten aus dem Feldtest und den Ergebnissen bei unkontrolliertem Laden und einer LM Optimierung anhand der Haushaltslast im perfekten Modellumfeld. Die Spitzen der Ladeleistung bei unkontrolliertem Laden können im Feldtest mit LM drastisch reduziert werden. Die Optimierung im Modell abseits der Haushaltslastspitzen erreicht eine weitere Verschiebung der Ladevorgänge in die Nacht und eine geringere Gesamtbelastung. Eine Lastverschiebung anhand der Haushaltsnachfrage oder anderen Engpässen im Netz ist als dynamisches LM auch für die Reallösung technisch entwickelt worden, konnte aber im Feldtest noch nicht als ein integriertes System getestet werden.

Im Modell ist eine weitere Verringerung der Ladekapazität verglichen mit dem Feldtest möglich, da volle Information über die Ladezeitpunkte und den Bedarf, sowie den Batterieladestand besteht. Auch sind die Fahrzeuge hier immer angesteckt, wenn sie parken. Mehr Userinformationen, maschinelles Lernen und Prognosen über den Ladebedarf, sowie Standardisierung der Fahrzeuge würden in der Realität dahingehend weiteres Potenzial freilegen. Tabelle 1 fasst die Unterschiede zwischen Modell und Realität zusammen.

Tabelle 1 Unterschiede zwischen dem Modellumfeld und den realen Bedingungen im Feldtest [6]

Thema	Modell	Feldtest
Information zu Ladebedarf und Parkzeiträumen	Volle, jährliche Information verfügbar	Keine Information
Batterie Ladestand	Bekannt	Unbekannt
Verhältnis angesteckt/ geparkt	100 %, geparkt = angesteckt am LP	Real nur 45 % der Zeit angesteckt, wenn geparkt

E-Mobilität im Wohnbau – Ready to URCHARGE?!

Thema	Modell	Feldtest
Verhältnis angesteckt/ laden	30 % der Ansteckzeit bei unkontrolliertem Vorgehen ist Ladezeit, 47 % bei LM	50 % der Ansteckzeit ist Ladezeit
Betrachteter E-Auto Anteil in Wohnbau	0–100 %	50 %
LM	Rahmenbedingungen basierend auf Haushaltslast oder Restriktion der Ladeleistung	Laden getrennt von Haushaltslast – Haushaltslast hat aber Priorität bei Engpässen
Phasenladung	Jeder LP hat 3,7 kW Leistung	1 oder 3 phasiges Laden: 1-phasige Fahrzeuge blockieren derzeit alle 3 Phasen mit 11 kW ziehen aber nur 3,7 (11/3) kW. Weiterentwicklung im Projekt (siehe Abschnitt 2.2).

Die Abbildung 18 - 20 zeigen die einzelnen LM-Ansätze wie in Abschnitt 2.3 beschrieben, bei 10 %, 50 % und 100 % E-Mobilität im Wohnbau im Vergleich mit dem Feldtest (50 %). Hier wird die Kapazitätseinsparung durch das LM im Feldtest, sowie das offene Potenzial im Vergleich zur optimierten Lösung im Modell unter voller Information sichtbar. Während bei unkontrolliertem Laden als Gesamtleistung ca. 3,5 kW/LP notwendig sind, reichen mit effizientem LM im Feldtest unter den Bedingungen laut Abschnitt 3.1 ca. 1,2 kW/LP. Bei jährlich optimiertem LM im Modell bei geringer Ladeleistung oder dem Laden abseits der Haushaltsnachfrage-reichen aufgrund der perfekten Modellbedingungen wie in Tabelle 1 dargestellt—sogar 0,4 kW/LP aus. Letzteres ist natürlich in der Realität so kaum vollständig ausschöpfbar, gibt aber wichtige Hinweise für Potenzial zur Effizienzsteigerung.

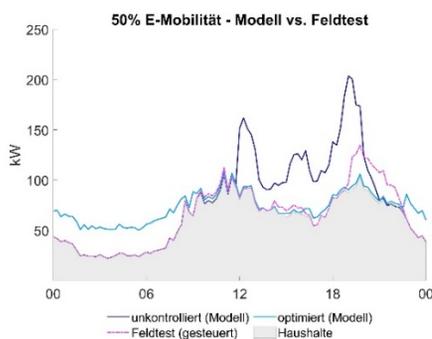


Abbildung 17 Unkontrolliertes und optimiertes Laden im Modell gegenüber den Realdaten aus dem Feldtest bei 50 % E-Mobilität.

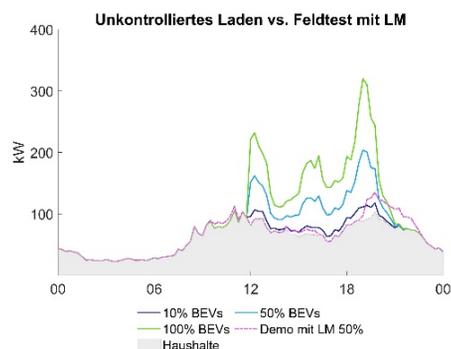


Abbildung 18 Unkontrolliertes Laden im Modell bei 10 %, 50 % und 100 % E-Mobilität verglichen mit den Realdaten aus dem Feldtest (50 %) [6]

E-Mobilität im Wohnbau – Ready to URCHARGE?!

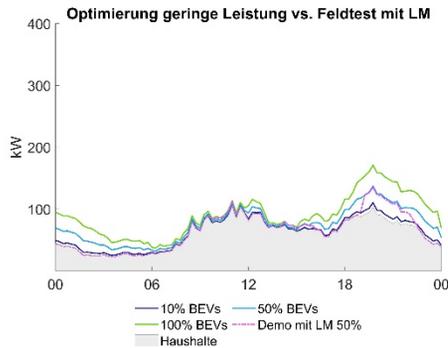


Abbildung 19 Optimierung bei geringer Leistung im Modell bei 10 %, 50 % und 100 % E-Mobilität verglichen mit den Realdaten aus dem Feldtest (50 %) [6]

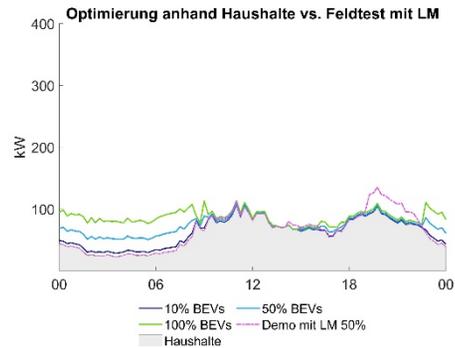


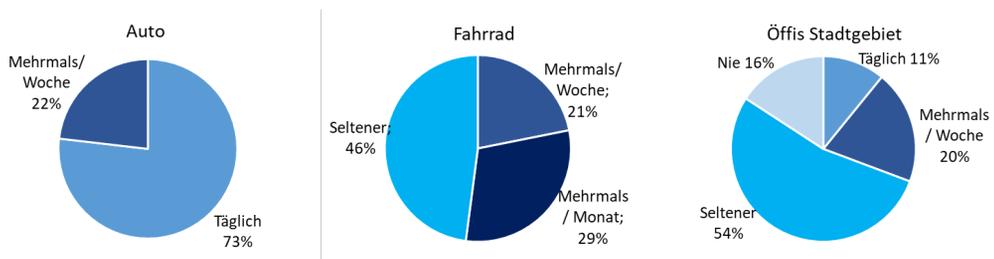
Abbildung 20 Optimierung abseits der Haushaltslastspitzen im Modell bei 10 %, 50 % und 100 % E-Mobilität verglichen mit den Realdaten aus dem Feldtest (50 %) [6]

3.3. Kundenperspektive

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus den Userumfragen und dem Fokusgruppeninterview vorgestellt. Daraus ziehen wir weitere Erkenntnisse für die Anforderungen an und Akzeptanz gegenüber LM.

3.3.1. Umfrageergebnisse

Der Fokus der Umfragen lag auf der Erfahrung mit E-Autos und im Verlauf des Feldtests insbesondere auf dem Ladekomfort mit LM. Ein Großteil der User gab in der Pre-Feldtest Umfrage an, noch nie mit einem E-Auto gefahren zu sein, 12 von 51 Befragten sind bereits Probe gefahren und 3 Personen hatten bereits eines im Carsharing benutzt. Als wichtigsten Grund für die Teilnahme am Praxistest nannten die Teilnehmenden das tolle Angebot: Ein E-Auto und gratis Laden für 6 Monate am eigenen Garagenplatz. 31 Personen gaben an, sie interessierten sich schon länger für E-Autos. Ebenso viele meinten, skeptisch eingestellt zu sein, sich aber ein eigenes Bild zur E-Mobilität machen zu wollen. Im Mobilitätsverhalten der User im Feldtest spielt das Auto eine sehr wichtige Rolle (siehe Abbildung 21). Fast alle benutzen es mehrmals pro Woche. Insgesamt repräsentieren die User die/den durchschnittlich interessierte/n, skeptische/n Bürger/-in.



E-Mobilität im Wohnbau – Ready to URCHARGE?!

Abbildung 21: Häufigkeit der Auto-, Fahrrad-, und Öffi Nutzung unter den Usern im Projekt URCHARGE.

Die Meinung der User zu den Vor- und Nachteilen der E-Mobilität vor dem Start des Praxistests ist in Tabelle 2 beschrieben.

Tabelle 2 Meinungen zu den Vor- und Nachteilen eines E-Fahrzeugs vor dem Start des Feldtests

VORTEILE	NACHTEILE
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geringere Betriebskosten ▪ Aufladen direkt in der Garage ▪ Entspanntes Fahren ▪ Gute Beschleunigung ▪ Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Höhere Anschaffungskosten, evtl. Batterienachkauf ▪ Geringere Reichweite, lange Ladedauer ▪ Umweltbelastung durch Akku-Herstellung + Entsorgung ▪ Unzureichende Lade-Infrastruktur

In der Zwischenumfrage im August 2020, nach über zwei Monaten Erfahrung mit dem Elektro-Fahrzeug und der Ladeinfrastruktur, haben die User wie folgt berichtet:

Sind sehr zufrieden oder zufrieden mit dem E-Auto	85 %	
Finden die Batterie-Reichweite ausreichend	54 %	
Nutzen das E-Auto anders oder etwas anders als ihr eigenes (Benzin/Diesel) Auto: Langstrecken lieber mit Benziner, Autofahren ohne schlechtes Gewissen	49 %	
Haben auch mal das eigene (Benzin/Diesel) Auto benutzt (Reichweite, Platzbedarf, Transport)	49 %	
Autonutzung hat sich durch COVID-19 zumindest etwas verändert (weniger Fahrten wegen Homeoffice oder Auto statt Öffis)	48 %	

Das Ladeverhalten nach zwei Monaten Testphase zeigt, dass die User die „Reichweitenangst“ weitgehend abgelegt haben und das Elektroauto nur mehr selten bzw. bedarfsorientiert an die Wallbox angesteckt wurde (siehe Abbildung 22). Das reduziert allerdings den Spielraum für das LM. Externe Ladestationen am Arbeitsplatz oder beim Einkaufen wurden nur selten genutzt, was auf die Wichtigkeit der Ladeinfrastruktur am eigenen Parkplatz hinweist und das Potenzial von kontrolliertem Laden über lange Parkzeiten unterstützt.

E-Mobilität im Wohnbau – Ready to URCHARGE?!

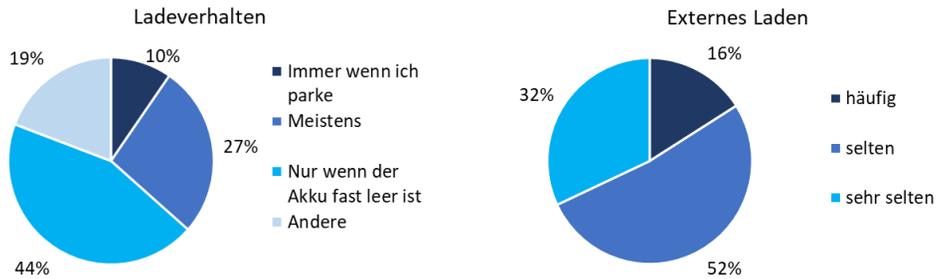


Abbildung 22: Umfrageergebnisse zum Ladeverhalten und der Nutzung externer Ladestationen nach zwei Monaten Testphase

In der Abschlussumfrage gaben 60 % der Teilnehmenden an, dass sie ein E-Auto kaufen möchten oder den Kauf überlegen, rund die Hälfte davon als Zweitwagen. Die Einstellung gegenüber E-Autos hat sich gegenüber dem Beginn nicht allzu stark verändert. Insbesondere das Laden wurde aber aufgrund der praktischen Erfahrung deutlich besser beurteilt. Fast alle User gaben an, dass eine Wallbox am eigenen (Garagen-)Parkplatz die Kaufentscheidung für ein E-Auto fördert. Ein Drittel der User betrachtet eine Wallbox am eigenen Parkplatz künftig als Kriterium bei der Wohnungssuche, was eine wichtige Erkenntnis für Wohnbaugesellschaften ist und auch die NEUE HEIMAT OÖ dazu bewegt Bestandsbauten mit der entsprechenden Infrastruktur auszustatten.

Der Anteil an Bewertungen der Zufriedenheit mit dem Laden des E-Autos und dem Handling der Wallbox mit (sehr) hoch stieg am Ende des Feldtests auf 96 %. Obwohl während dem Feldtest die Ladeleistung substantiell reduziert wurde, konnten fast 80 % der User keine Störungen oder Unterbrechungen beim Laden ihres Autos feststellen. Durch das praktische Fahrerlebnis und den routinierten Umgang entwickelten die User mehr Vertrauen in die Beurteilung der Batterieladung im Vergleich zur benötigten Reichweite. Daher sank im Testverlauf insbesondere die tägliche Einsteckrate deutlich von rund 18 % auf 7 %. Mehr als die Hälfte der User gaben am Ende der Testphase an, dass sie nur angesteckt haben, „wenn der Akku ziemlich leer war“. Die Einschätzungen in den Antworten der User stimmen gut mit aufgezeichneten technischen Daten der Wallboxen über die Einsteckhäufigkeit überein.

3.3.2. Fokusgruppeninterview

Gegen Ende des Feldtests fand im Oktober 2020 im LINZ AG Forum ein Fokusgruppeninterview mit 6 Usern (5 männlich, 1 weiblich) statt (eine Impression wird in Abbildung 23 gezeigt), bei dem ein intensiver Meinungs austausch zu folgenden Themen stattfand:

- Ladeerfahrungen während der Testphase
- Verbesserungsvorschläge für Handhabung und Design der Wallbox

E-Mobilität im Wohnbau – Ready to URCHARGE?!

- Voraussetzungen und mögliche Anreize für flexibles Laden
- Bedarf an Schnellladestation
- notwendige Informationen und Services



Abbildung 23: Diskussionsrunde rund um die Erfahrungen mit dem Lastmanagement im Praxistest

Die User gaben an, dass die Reduktion der Ladeleistung nicht störend wahrgenommen wurde. Der Ladezustand beim Abstecken war aus User Sicht immer gut. Nur der Teslafahrer bemerkte, dass die Hochleistungsbatterie nicht mehr vollgeladen war, was künftig durch die steigenden Batteriekapazitäten vermehrt auftreten wird. Generell ist eine geringe Ladeleistung akzeptabel, jedoch sollte eine gewisse Mindestleistung und damit eine zuverlässige und den eigenen Bedürfnissen entsprechende Mindestladung der Batterie gewährleistet sein. Schnelles Laden sollte bei Bedarf verfügbar sein, könnte aber (deutlich) mehr kosten.

Die Handhabung der Wallbox war zufriedenstellend. Ein fest installiertes Kabel an der Wallbox wäre ein großer Komfortgewinn. Mögliche Verbesserungen wären die Anzeige von Informationen an der Wallbox, wie maximale Ladezeit, verfügbare Ladeleistung (kW), aktueller Tarif und ein akustisches Signal, dass der Ladevorgang erfolgreich gestartet wurde.

Die User verstanden die Absichten und die Notwendigkeit des LM, meinten jedoch, dass diese viel stärker kommuniziert werden müssen, um Akzeptanz für zu schaffen. Sie waren sich jedoch auch einig, dass Informationen nicht ausreichen werden, sondern verbindliche Regelungen für die Ladeinfrastruktur in Mehrfamilienhäusern geschaffen werden müssen, um sicherzustellen, dass intelligente Wallboxen installiert werden.

3.3.3. Umstieg auf E-Mobilität durch URCHARGE

In den letzten Wochen vor dem Projektende wurde den Usern vom Autohaus Sonnleitner ein Attraktives Angebot zur Übernahme des getesteten Fahrzeuges gemacht. Es wurden von den Usern letztendlich nur 4 Fahrzeuge übernommen und aus dem Projekt

herausgekauft. Die User wurden nicht gefragt, warum Sie das Auto nicht gekauft hatten. Im Laufe des Novembers wurden die nicht mehr benötigten Wallboxen abmontiert. Alle Kunden die die Ladeinfrastruktur weiterhin benötigen (ca. 10 %), wollten auf die Kabelvariante der Wallbox umsteigen. Der Wunsch wurde den verbleibenden E-Autofahrern kostenfrei erfüllt.

4. Fazit und Empfehlungen

Im Projektverlauf konnten sowohl rechtliche Barrieren, durch die erstmalige Installation von Ladeinfrastruktur in diesem Ausmaß, aufgedeckt und beseitigt, die technischen Funktionen des LM erweitert und durch den Feldtest verfeinert, weiteres Potenzial aus der Begleitforschung erkannt, sowie Kundenanforderungen gezielt abgefragt werden.

4.1. Dimensionierung der Anschlussleistung

Ein wesentlicher Faktor bei der Dimensionierung von Netzanschlüssen sind einerseits die angebotenen Leistungen pro LP und eine bis dato anzunehmende Gleichzeitigkeit. Genau diese GF werden nun für eine Systemlösung ohne LM, den Ergebnissen aus dem Feldtest mit intelligentem LM und der Begleitforschung im Modell verglichen und die Vorteile dieser Lösung entsprechend dargestellt. Dies lässt eine Berechnung der notwendigen Anschlussleistung (AL) entlang des Hochlaufs der E-Mobilität zu.

Abbildung 24 stellt die maximal notwendige installierte Anschlussleistung und Abbildung 25 den Gleichzeitigkeitsfaktor bei einer verfügbaren Leistung von 11 kW entlang der Anzahl der LP (detailliert bis 50 LP und bis 200 LP) für vier verschiedene Analysen dar:

1. **AL ohne LM:** aus dem URCHARGE Modell (3.5 kW/LP) [6]
2. **AL VBEW ohne LM:** in der Praxis gemessen [7]
3. **AL mit LM:** Empfehlungen aus URCHARGE Feldtest
4. **AL optimale Modellbedingungen** (siehe Abschnitt 2.3): URCHARGE Optimierung (1,2 kW/LP) unabhängig von gängigen Anschlussgrößen [6].

Für die VBEW Messdaten lässt sich für 27 LP eine Anschlussleistung von $27 \times 11 \text{ kW} \times 0,32 \text{ GF} = 95,04 \text{ kW}$ ablesen [7]. Die neuen Erkenntnisse aus dem Feldtest zeigten, dass – unter der Voraussetzung, dass eine Systemlösung mit intelligentem LM zum Einsatz kommt— eine Gesamtleistung von unter 1 kW/LP umsetzbar ist. Damit eine gewisse Sicherheit und Reserve den Kunden zur Verfügung steht wird ein Zuschlag von 30 % empfohlen. Dadurch hebt sich die Leistung in der Praxis auf 32,4 (1,2 kW/LP). Dies ergibt eine Gleichzeitigkeit mit LM im URCHARGE Feldtest von $1,2 \text{ kW}/11 \text{ kW} = 0,11$. In der zweiten Garage mit nur 14 LP ergab sich im URCHARGE Feldtest eine etwas höhere Gleichzeitigkeit von 0,17— wobei hier die Leistungsreduktionen nicht so ausgeprägt durchgeführt wurden.

Abbildung 24 Anschlussleistung bis 50 (oben) bzw. bis 200 (unten) Ladepunkte

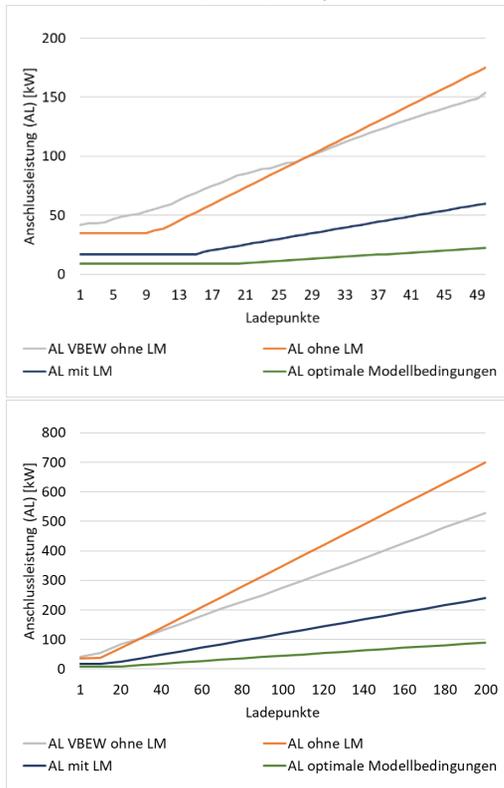
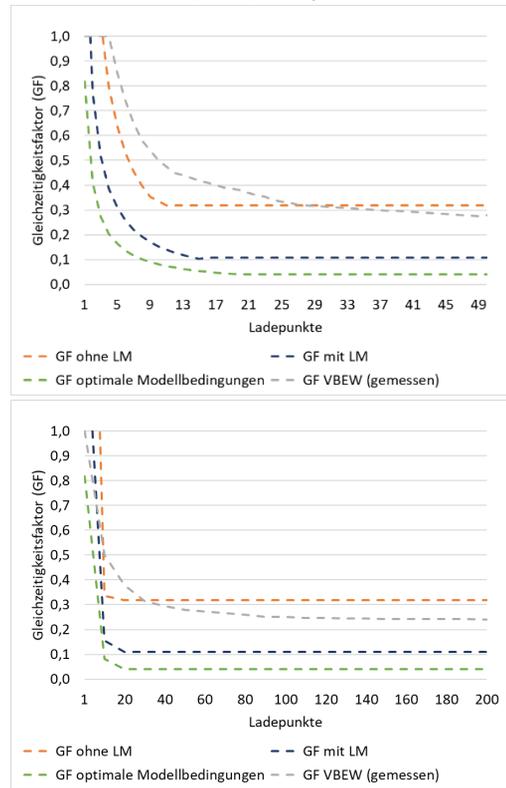


Abbildung 25 Gleichzeitigkeit bis 50 (oben) bzw. bis 200 (unten) Ladepunkte



In der Praxis bedeutet das (siehe AL mit LM Abbildung 24 *oben*), dass mit intelligentem LM auf Stand der URCHARGE Entwicklung, mit einem Basishausanschluss von 3*25 A—was rund 17 kW Dauerleistung entspricht—14 LP angeschlossen werden können (das erklärt den Knick in den Darstellungen). Erst danach wird eine Erhöhung der Anschlussleistung auf 3*35 A (24 kW) notwendig für bis zu 20 LP. Bei einem Anschluss mit 3*50 A das entspricht knapp 35 kW Dauerleistung können bis zu 30 Nutzer das Auslangen finden. Hier beginnt auch die Grenze zu einer Wandler Messung.

Zur Validierung der Projektergebnisse ist zu sagen, dass bei einer durchschnittlichen jährlichen Fahrleistung eines Pkw von 13.000 km in Österreich (36 km/Tag) bei einem Verbrauch von ca. 21 kWh auf 100 km 7,5 kWh je Tag verbraucht werden [8,9]. Um knapp 8 kWh Energie in eine E-Autobatterie zu laden reicht bei einer Standzeit (Aus dem

E-Mobilität im Wohnbau – Ready to URCHARGE?!

Feldtestdurch die Ansteckzeiten bestätigt) des Fahrzeuges von 8 Stunden eben diese mit Reserven berücksichtigte Leistung von 1,2 kW pro LP in Wohnanlagen.

Da wir im Modell keine Annahmen für die platzierte Anschlussleistung machen ist der GF immer gleich, da sie je LP mitwächst.

$$GF = P_{max} / P_{inst}$$

P_{inst} ... *Installierte/verfügbare Leistung (11 kW)*

P_{max} ohne LM: 3,5 kW/LP; GF = 3,5/ P_{inst} = 0,32

P_{max} mit LM: 1,2 kW/LP; GF = 1,2/ P_{inst} = 0,11

P_{max} optimales Modellumfeld: 0,4 kW/LP; GF = 0,4/ P_{inst} = 0,04

Wie in Abschnitt 3.2 ausführlich beschrieben, liegt das Potenzial für noch effizienteres, dynamischeres LM künftig in der Verfügbarkeit von Information über das Userverhalten und den Ladezeitpunkt- und Bedarf sowie andere Abnehmer im System, den Ladestand der Batterie und der Ansteckdisziplin der User um ausreichend Flexibilität zur Verfügung zu stellen. Dies kann zum einen durch Mitteilungen über eine möglichst einfache App-Schnittstelle, maschinelles Lernen des LM Algorithmus auf Basis der relativ regelmäßigen Ladevorgänge, Standardisierung der Fahrzeuge und vorteilhafte Tarifmodelle erfolgen.

4.2. Ladeinfrastruktur im Wohnbau: Akteure und Beziehungen

Im Bereich der Bestandsobjekte im Wohnbau hat sich gezeigt, dass viele Benützungsbewilligungen bzw. Baugenehmigungen mit der Auflage eines Verbots des Ladens von Batterien im Garagenbereich erteilt wurden. Diese Praxis wurde in verschiedenen Landes- und Gemeindebehörden ähnlich, mit regionalen Ausnahmen, gehandhabt und bremst die Entwicklung der E-Mobilität.

Darüber hinaus sind derzeitige rechtliche Vorgaben im Wohnungseigentumsgesetz ebenso hinderlich. Speziell für Wohngebäude mit Eigentumswohnungen erfordert die Ausstattung mit zusätzlichen Einrichtungen wie Ladestellen einen Beschluss der Wohnungseigentumsgemeinschaft. Derzeit fällt dies unter die Einstimmigkeitsmaterie, wodurch es beinahe unmöglich ist, alle Mitglieder einer Wohnungseigentumsgemeinschaft für eine Investition in die Installation von Ladestellen, die anfänglich meist nur von einem Interessenten genutzt wird, zu gewinnen.

Für Mietobjekte kann der/die Objekteigentümer/-in für jedes Wohnobjekt autonom über die Installation von Ladeinfrastruktur entscheiden, was den Prozess deutlich einfacher gestaltet. Der Feldtest des Projektes URCHARGE hat deutlich gezeigt, dass die Bedürfnisse und Anforderungen der Hausverwaltungen für eine erfolgreiche Geschäftsmodellentwicklung entscheidend sind.

E-Mobilität im Wohnbau – Ready to URCHARGE?!

Tabelle 3 beschreibt die beteiligten Akteure und Interessen in Bezug auf die Errichtung von Ladeinfrastruktur im großvolumigen Wohnbau, deren Beziehungen in Abbildung 26 genauer dargestellt sind und immer von den regionalen und nationalen Richtlinien abhängen, die wiederum den Inhalten der Klimaziele folgen. Dies bedeutet umgekehrt, dass zur Erreichung der Klimaziele im Individualverkehr entsprechend klare Rahmenbedingungen notwendig sind, die eine Umstellung auf die E-Mobilität fördern und erleichtern. Aus den Vertragsbeziehungen geht anschaulich hervor, dass bei der Entwicklung von Geschäftsmodellen für Ladelösungen für den Wohnbau die mehrschichtigen Vertragsbeziehungen und die verschiedenen, manchmal auch divergierenden Interessen zu berücksichtigen sind.

Tabelle 3 Rollen in Bezug auf die Errichtung von Ladeinfrastruktur im großvolumigen Wohnbau:

Typ	Rolle	Interessen
Miete/ Eigentum	Mieter/-in, Wohnungseigentümer/-in	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einfache und kostengünstige Lademöglichkeit am eigenen Autoabstellplatz ▪ Keine Kostentragung für andere E Autonutzer, wenn kein eigenes E-Auto vorhanden ▪ Tarif wie bei Haushaltsstrom ▪ Unversehrtheit des Eigentums
Miete	Objekteigentümer	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kein Zusatzaufwand mit Anfragen für Ausstattung für E-Mobilität, ▪ kostenfreie/kostengünstige Lösung
Miete	Hausverwaltung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kein zusätzlicher Aufwand durch E-Autos ▪ Gleichbehandlung aller Mieter/-innen
Eigentum	Wohnungseigentümergeinschaft	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gleichbehandlung aller Eigentümer/-innen ▪ Möglichst keine Kosten durch Andere ▪ Stabile Stromversorgung des Gesamtobjektes
Eigentum	Hausverwaltung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geringer Zusatzaufwand
Miete/ Eigentum	Ausstellende Behörde der Benützungsbewilligung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bescheid Auflagen für Autoabstellplätze (bei Bestandsobjekten)
Miete/ Eigentum	E-Mobilitätsdienstleister	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wirtschaftlich attraktives Angebot für Kunden und für das eigenen Unternehmen
Miete/ Eigentum	Netzbetreiber	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einhaltung der technischen Regelwerke ▪ netzdienliche Ausführung von Verbrauchsanlagen (Ladestellen)
Miete/ Eigentum	Energielieferant	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lieferung von (Öko)-Strom

E-Mobilität im Wohnbau – Ready to URCHARGE?!

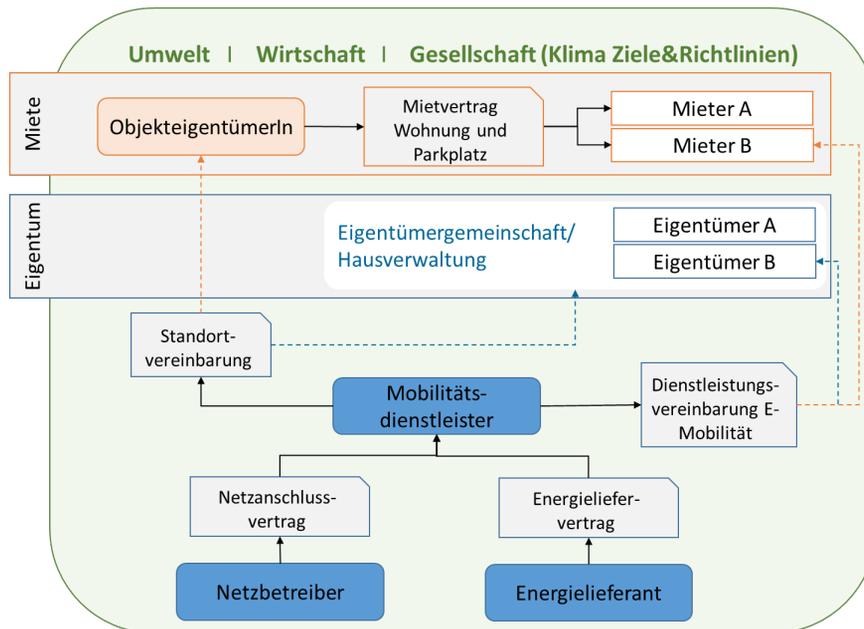


Abbildung 26 Mögliche Rollen Vertragsbeziehungen bei Miet- bzw. Eigentumswohnungen bei der Umsetzung einer gemeinschaftlichen Ladeinfrastruktur

4.3. Bauliche und behördliche Anforderungen

Bezugnehmend auf die nachträglich geforderten baulichen Maßnahmen (siehe Abschnitt 2.1.2) zum Brandschutz aufgrund des Ladens von E-Fahrzeugen in der Garage, wurde-nach mehreren Gesprächsrunden auf Initiative der LINZ AG mit dem Magistrat Linz und dem Land OÖ-ein großer Schritt zur Ermöglichung von wirtschaftlich sinnvollen Lösungen von Ladeinfrastruktur im Bestand im September mittels einer Stellungnahme gemacht: „Zusammenfassend wird festgehalten, dass aus fachlicher Sicht eine höhere Gefährdung in Bezug auf den baulichen Brandschutz durch den Einbau von Ladestationen von Fahrzeugen mit Lithium-Ionen-Akkus in Garagen sowohl bei Neubauten als auch bei bestehenden Garagen im Regelfall nicht gegeben ist und aus brandschutztechnischer Sicht keine zusätzlichen baulichen oder anlagentechnischen Anforderungen für erforderlich erachtet werden.“ Dieser Meilenstein war im ursprünglichen Projektplan und Umfang nicht vorgesehen, allerdings stellte er sich für die Durchführung des Feldtests als wichtige Voraussetzung heraus. Das Ergebnis der Festlegung durch die Sachverständigen des Landes OÖ ist gänzlich dem Projekt URCHARGE zuzuschreiben. Zur Sicherstellung des rechtzeitigen Feldtest-Starts, der ohnehin aufgrund des Zusammenfalls mit den Einschränkungen durch die CORONA Pandemie erschwert wurde, wurden die mit den Behörden ursprünglich abgestimmten baulichen Maßnahmen in der Wohnanlage noch vor dieser Stellungnahme umgesetzt.

Es stellt sich zudem heraus, dass eine Verstärkung der Netzanschlüsse nicht notwendig gewesen wäre. Es kann also davon ausgegangen werden, dass in vielen Bestandsbauten durch den Einbau von Systemlösungen mit intelligentem LM eine Netzverstärkung vermieden werden kann. Im Neubau kann als Handlungsempfehlung überschlagsmäßig „eine Dimension höher“ für die Integration von E-Ladeinfrastruktur angesetzt werden. Diese Empfehlung ersetzt nicht die Zuleitungsdimensionierung durch den Experten.

4.4. Erkenntnisse aus der Kundenperspektive

Aus den Ergebnissen der Umfragen und des Fokusgruppeninterviews lassen sich folgende Schlussfolgerungen und Empfehlungen ableiten:

- Die Verfügbarkeit entsprechender Ladeinfrastruktur am eigenen Parkplatz ist mitentscheidend bei der Wohnungssuche und für den Umstieg auf ein E-Fahrzeug
- Die NEUE HEIMAT OÖ hat die Erkenntnisse aus dem Projekt in einen Masterplan für die Ausstattung aller Garagen mit entsprechender Infrastruktur herangezogen. Sie sind sich der Anforderungen der Bewohner/-innen und der Notwendigkeit der Vorbereitung auf die zunehmende E-Mobilität bewusst und haben mit URCHARGE den Weg in der Region geebnet.
- Umfassende Information über den Nutzen, sowohl für die Sicherheit der Stromversorgung insgesamt, als auch für den User persönlich (z. B. längere Batterielebensdauer) steigert die Akzeptanz des LM.
- Klare Richtlinien für LM geeignete Ladeinfrastruktur in Wohngebäuden sind notwendig, um ineffiziente Einzelinstallationen zu vermeiden.
- Kunden müssen aktiv motiviert werden, beim Parken möglichst diszipliniert anzustecken, um ausreichend Verfügbarkeit für das LM zu bieten.
- Kunden sind bereit, Informationen über ihren Ladebedarf (z.B. eine Ladefrist) bereitzustellen, wenn dies einfach gestaltet ist.
- Finanzielle Anreize über zeitlich und leistungsmäßig variable Tarife motivieren kaum. Die Preiselastizität veränderlicher Ladetarife dürfte gering sein, was allerdings noch in der Praxis zu erproben ist.
- Die Möglichkeit zum Schnellladen sollte im Bedarfsfall als Backup vorhanden sein, darf aber mehr kosten.

4.5. Ausblick E-Mobilität im erneuerbaren Energiesystem

Im Hinblick auf die Wende hin zu erneuerbaren Energiesystemen kann E-Mobilität nicht nur eine Herausforderung, sondern ein wichtiger Akteur als Puffer zwischen Angebot und Nachfrage und für das Handling variabler erneuerbarer Energieerzeugung sein. Wie in Abschnitt 2.2 beschrieben, lässt das dynamische LM auch eine Reaktion auf weitere Abnehmer oder Anforderungen im regionalen Verteilnetz zu und könnte auch anhand der Haushaltsstromnachfrage Ladeleistungen verschieben. Mit dem Einsatz von

bidirektionalem Laden, das in diesem Projekt nicht betrachtet wurde, können E-Fahrzeuge speziell bei wachsender Batteriegröße als Speicher fungieren und gerade in der Interaktion mit den Haushalten und ggf. einer Aufdach PV-Anlage Synergien in so genannten *Energy Communities* schaffen. Wie aus den Unterschieden zwischen Feldtest und Forschungsmodell klar wird, kann weiteres Potenzial bei zunehmender E-Mobilität für das LM vor allem aus mehr Information über das Userverhalten und den exakten Ladebedarf, sowie über die relevanten Abnehmer und Einspeiser in der Umgebung, Prognosen der sehr regelmäßigen Ladezeitpunkte und maschinelles Lernen, sowie eine Standardisierung des Fahrzeug Ladeverhaltens geschöpft werden. Die Weichen für das effiziente Laden im verdichteten Wohnbau sind mit URCHARGE gestellt. Allerdings stellt die erfolgreiche Integration der E-Mobilität und anderer erneuerbaren Technologien in ein effizientes Gesamtsystem die große Herausforderung dar und benötigt bereichsübergreifende Forschungsprojekte und Praxistests.

5. Weitere Informationen

Bei der Übergabe der E-Fahrzeuge zum Start des Feldtests wurden die Leiter und Geschäftsführer der beteiligten Unternehmen und auch die regionale Politik zu einem „Corona-Foto-Termin“ im entsprechend kleinen Kreis geladen. Der Feldtest dieses Forschungsprojekts hätte sich natürlich einen größeren offiziellen Start verdient. Die OÖ-Nachrichten als Medienpartner sorgte sowohl für technische Berichte und Einblicke in die Erfahrungen der User. Während des Projekts gab es immer wieder Anfragen für Vorträge und Informationen zu dem Thema. Durch dieses Projekt wurde starke Aufmerksamkeit weit über die regionalen Medien hinaus erzeugt.

- [Projekthomepage](#)
- [Presseveranstaltung zum Feldtest Start](#)
- [URCHARGE Video](#)
- [BEÖ Podcast #2](#)
- [Abschlussveranstaltung Expertenforum](#)
- [EEG Homepage](#)
- [Begleitung OÖ Nachrichten](#)

Referenzen

1. Elektroautomobil *Das Magazin für Elektromobilität* 2021.
2. austriatech Elektro-Autos zuhause laden Bedarf an und Maßnahmen für Heimpladestationen in Wohnanlagen. *Mobility Explored* **2019**.
3. Thomas Eberhard E-Mobilität Im Wohnbau Rahmenbedingungen, Perspektiven, Lösungsansätze 2019.
4. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) *Österreich Unterwegs 2013/2014*; 2016;
5. Hiesl, A.; Ramsebner, J.; Haas, R. Modelling Stochastic Electricity Demand of EVs Based on Traffic Surveys - the Case of Austria. *Energies* **2020**, *13*.
6. Ramsebner, J.; Hiesl, A.; Haas, R. Efficient Load Management for BEV Charging Infrastructure in Multi-Apartment Buildings. *Energies* **2020**, *13*, 1–23.
7. Verband der Bayerischen Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (VBEW) *VBEW-Hinweis E-Mobilität: Netzanschluss Und Netzverträglichkeit von Ladeeinrichtungen*; 2019;
8. Verkehrsclub Österreich (VCÖ) Infografiken E-Mobilität, Carsharing, Auto 2021.
9. BMK Verkehrsleistungen Available online: https://www.bmk.gv.at/themen/mobilitaet/alternative_verkehrskonzepte/tourismus/verkehrsleistungen.html (accessed on 16 June 2021).