

World Energy Council Austria

Young Energy Professionals (YEP)

Endbericht

Arbeitsgruppe: E-Mobilität

Titel: Trendanalyse „Flexibilitäten-
Nutzung in der Elektromobilität“

Juni 2025

Über Young Energy Professionals bei WEC Austria

Die Young Energy Professionals (YEP) bilden das interdisziplinäre Netzwerk junger Berufstätiger im WEC Austria. Gegründet "von jungen Menschen für junge Menschen" auf dem Weltenergiekongress 2007 in Rom, sind die Ziele der Young Energy Professionals

- faktenbasiert Wissen zu energiewirtschaftlichen Themen zu vermitteln,
- ein fachlich übergreifendes Netzwerk aufzubauen,
- junge Entscheidungsträger und Meinungsbildner sowie den energiewirtschaftlichen Nachwuchs anzusprechen,
- Erfahrungs- und Wissensaustausch innerhalb des WEC-Netzwerks zu ermöglichen sowie
- die internationalen Aktivitäten der Future Energy Leaders Community von WEC zu unterstützen.

WEC Austria beschloss im Jahr 2015 eine nationale YEP-Gruppe zu etablieren. Zum einen unterstützen die YEP von WEC Austria die Arbeiten der internationalen Nachwuchsorganisation des World Energy Council. Zum anderen werden auf nationaler Ebene Lösungsvorschläge zu verschiedenen energiewirtschaftlichen Fragestellungen erarbeitet. Hierbei deckt ein interdisziplinärer Pool an jungen Berufstätigen der Energiewirtschaft vielfältige Themenbereiche ab. Ein Board unterstützt und begleitet die YEP.

ARBEITSGRUPPE

E-Mobilität

TITEL DER ARBEIT

**Trendanalyse: Flexibilitäten-Nutzung in der
Elektromobilität**

AUTOREN

Otto Rezac

Daniel Schiferer

Richard Schindler

Über die Autoren

Daniel Schiferer

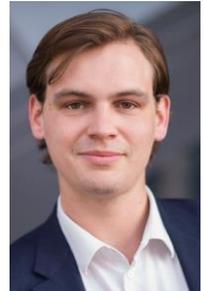
Daniel Schiferer ist Experte für Infrastruktur Asset Management und leitet ein Team im Asset Management bei der ÖBB-Infrastruktur AG. Er gestaltet strategische und finanzielle Rahmenbedingungen für eine zukunftsorientierte Schieneninfrastruktur und verantwortet die Steuerung komplexer Investitions- und Instandhaltungsprojekte. In der Vergangenheit umfassten seine Aufgabengebiete die Leitung länderübergreifender, produktionsorientierter Projekte sowie die Umsetzung konzernweiter Initiativen in den Bereichen erneuerbarer Energien und E-Ladeinfrastruktur. Als ehemaliger fachlicher Assistent im Top-Management agierte Schiferer mehrere Jahre als Schnittstelle zwischen Strategie, Technik und Steuerung. Seine Karriere bei den ÖBB begann er im konzernweiten Traineeprogramm.



Seine akademischen Grundlagen erwarb Schiferer im internationalen Masterstudiengang Energy and Transport Management an der FH Joanneum. Ein Auslandssemester an der Glasgow Caledonian University in Schottland am Department Energy and Environmental Management vertiefte seine internationale Perspektive auf nachhaltige Infrastruktur- und Energiesysteme.

Otto Rezac (Leiter der Arbeitsgruppe)

Otto Rezac ist seit 10 Jahren im Bereich der Energiewirtschaft tätig. Von 2015 bis 2017 war er für die EVN AG im Bereich E-Mobilität und Energieeffizienz beschäftigt. Von 2017 bis 2021 war er als Generalsekretär für den Bundesverband Elektromobilität Österreich (BEÖ) tätig und hat in diesem Zuge insbesondere den Aufbau der in Europa etablierten Marktrollen in Österreich mitgestaltet. Für die E-VO eMobility GmbH, ein Joint Venture von sieben Österreichischen Landesenergieversorgern und Stadtwerken, welches als IT-Dienstleistungsunternehmen Software zur Verwaltung von Ladeinfrastruktur und Ladeverträgen herstellt, ist Otto Rezac seit der Gründung im Jahr 2021 als „Head of Sales“ und Prokurist tätig.



Otto Rezac hat berufsbegleitend internationale Wirtschaftsbeziehungen mit einem Schwerpunkt auf Zentral- und Osteuropa an der FH-Burgenland studiert. Im Zuge seines Masterstudienganges, hat er den Einfluss der Elektromobilität auf die Geschäftsfelder der Energieversorgungsunternehmen am Beispiel Österreich untersucht.

Richard Schindler

Seit 2022 ist Richard Schindler bei AVL List GmbH in Graz tätig und in seiner aktuellen Rolle als Global Product Manager für die strategische Planung, Entwicklung und Markteinführung von Produkten im Bereich Load Systems und Batteriesicherheit verantwortlich.

Schindler studierte Montanmaschinenbau und Industrielle Energietechnik an der Montanuniversität Leoben, mit einem Auslandsaufenthalt an der Politecnico di Torino. Im Laufe seines Studiums war er u.a. in der Öffentlichkeitsarbeit der Hochschule, für die Unternehmensberatung A.T. Kearney und bei icons – consulting by students tätig. Während seines Masterstudiums durchlief er im Rahmen der Delta Akademie eine Managementausbildung mit der Universität St. Gallen und die Ausbildung zum Energy Manager Junior des TÜV Austria. Aktuell studiert er berufsbegleitend Innovationsmanagement an der FH CAMPUS 02 in Graz.



Danksagung

Unser ausdrücklicher Dank gilt dem World Energy Council Austria für die Möglichkeit dieses zukunftsweisende, gesellschaftlich und technologisch hochrelevante Thema im Rahmen des Young Energy Professionals Programms aufzuarbeiten.

Besonders möchten wir auch den zahlreichen Expertinnen und Experten danken, die sich im Rahmen der Interviews Zeit genommen haben, ihre Perspektiven und Erfahrungen mit uns zu teilen. Durch ihr Fachwissen und die Bereitschaft zur vertieften Diskussion haben sie diesen Bericht weit über eine theoretische Analyse hinaus bereichert und den notwendigen Rahmen geschaffen, um die Flexibilitäten-Nutzung in der Elektromobilität umfassend und praxisnah zu beleuchten.

Ein ganz besonderer Dank gilt unserer Mentorin Theresia Vogel. Mit ihrer langjährigen Erfahrung, ihrem strategischen Blick und ihrem Engagement hat sie wesentlich dazu beigetragen, dass dieser Bericht in dieser Form entstehen konnte. Durch ihre ausgeprägten methodischen Fähigkeiten ist es ihr gelungen, komplexe Zusammenhänge in der Elektromobilität präzise auf den Punkt zu bringen und so zur inhaltlichen Schärfung maßgeblich beizutragen. Ohne ihre Unterstützung, ihre kritischen Impulse und ihre Expertise wäre diese Arbeit nicht in dieser Tiefe und Klarheit möglich gewesen.

Abkürzungsverzeichnis

AIT	Austrian Institute of Technology
AFIR	Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe
BEÖ	Bundesverband Elektromobilität Österreich
BMK, nun BMIMI	Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie; seit Jänner 2025 Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur
CO ₂	Kohlendioxid
E-Control	Energie-Control Austria für die Regulierung der Elektrizitäts- und Erdgaswirtschaft
E-Fahrzeuge / EVs	Elektrofahrzeuge
E-Mobilität	Elektromobilität
EIWG	Elektrizitätswirtschaftsgesetz
EU	Europäische Union
Mio.	Millionen
MW	Megawatt
ÖAMTC	Österreichischer Automobil-, Motorrad- und Touring Club
OCPP	Open Charge Point Protocol
OEM	Original Equipment Manufacturer
TOR	Technische und organisatorische Regeln
TU	Technische Universität
TWh	Terrawattstunden
V2G	Vehicle to Grid
V2D	Verband der deutschen Elektrotechniker
V2X	Vehicle-to-Everything
VPP	Virtual Power Plants
VW	Volkswagen
WEC	World Energy Council
YEP	Young Energy Professional

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	6
Abbildungsverzeichnis.....	8
Tabellenverzeichnis	8
1 Einleitung	9
1.1 Ziel der Trendanalyse	9
1.2 Methode	9
1.3 Befragte Expertinnen und Experten	10
1.4 Definition: Flexibilitäten-Nutzung in der Elektromobilität.....	11
2 PESTEL.....	12
2.1 Politische Einflussfaktoren	12
2.1.1 Ist-Zustand auf EU-Ebene.....	12
2.1.2 Ist-Zustand auf nationaler Ebene	13
2.1.3 Soll-Zustand.....	14
2.2 Ökonomische Einflussfaktoren.....	15
2.2.1 Erwartetes Flexibilitätspotenzial	15
2.2.2 Szenarien-Analyse: Privathaushalt	17
2.2.3 Spotpreis-Entwicklung als Basis für Rückspeisepotenzial	20
2.3 Sozio-kulturelle Einflussfaktoren	21
2.4 Technologische Einflussfaktoren	22
2.4.1 Einfluss auf Fahrzeug und Batterie	22
2.4.2 Einfluss auf das Stromnetz	24
2.5 Ökologische Einflussfaktoren.....	28
2.5.1 Ökologische Herausforderungen durch Batteriespeicher	29
2.5.2 Ökologisches Einsparungspotential Flexibilitäten-Nutzung (Erzeugung)	29
2.5.3 Ökologisches Einsparungspotential Flexibilitäten-Nutzung (Beispiel BEVs).....	31
2.6 Rechtliche Einflussfaktoren.....	32
2.6.1 Regulatorische Rahmenbedingungen, Normen und Marktintegration.....	33
2.6.2 Richtlinie für Netzwerk- und Informationssysteme (NIS2).....	33
2.6.3 Datenschutz.....	34
3 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen.....	35
4 Literaturverzeichnis	38

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Rückspeisefähige Energiemenge anhand von Szenarien (eigene Darstellung)	16
Abbildung 2: Rückspeisefähige Leistung anhand von Szenarien (eigene Darstellung)	17
Abbildung 3: (Jahres-Einsparung für vier Nutzungsprofile 2020-2024; (Hirschbichler, 2024).....	18

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Im Rahmen der Analyse befragte Expertinnen und Experten und deren Unternehmen/Institution	10
Tabelle 2: Unterschiedliche Szenarien-abhängige Einsparungspotenziale von 2020 bis 2024 (Hirschbichler, 2024)	18
Tabelle 3: Handlungsempfehlungen pro Dimension und Zeithorizont für Umsetzung (eigene Darstellung)	37

1 Einleitung

Auf Grundlage der gesetzlichen Rahmenbedingungen, des steigenden Marktangebots an elektrischen Fahrzeugen und Ladeinfrastruktur, sowie der steigenden Kundennachfrage nach Elektrofahrzeugen ist davon auszugehen, dass sich der Markthochlauf der Elektromobilität wie prognostiziert exponentiell entwickeln wird. Daher erscheint eine Betrachtung des Energieflexibilisierungspotenzials durch die Einbindung von Elektrofahrzeugen in das Energiesystem als äußerst sinnvoll.

Im Zuge der vorliegenden Trendanalyse zur Flexibilitäten-Nutzung in der Elektromobilität (E-Mobilität) der gleichnamigen Arbeitsgruppe bestehend aus Rezac Otto (E-VO eMobility GmbH), Schiferer Daniel (ÖBB-Infrastruktur AG) und Schindler Richard (AVL List GmbH), die im Zuge des vierten Arbeitszykluses des Young Energy Professional (YEP) Programms des World Energy Council (WEC) Austrias, entstanden ist, wurden unterschiedliche Akteure der österreichischen Energiebranche befragt. Zu diesem Zweck wurden die Interviewpartnerinnen und Interviewpartner im Rahmen eines semi-strukturierten Experteninterviews mithilfe des PESTEL-Frameworks zu ihren Einschätzungen, rund um die Flexibilitäten-Nutzung und ihren Auswirkungen auf die heimische Energiebranche befragt. Unterstützung wurde der Arbeitsgruppe dabei durch ihre Mentorin Theresia Vogl zuteil.

Die YEP verstehen sich als interdisziplinäres Netzwerk junger Berufstätiger aus dem gesamten Spektrum der Energiebranche, die eine Energiezukunft mitgestalten möchten. Sie wirken als „junge Stimme der Energiewirtschaft“ an der Arbeit des WEC bzw. von WEC Austria mit und liefern Impulse.

1.1 Ziel der Trendanalyse

Die Arbeitsgruppe stellt sich die Frage, wie die Integration von Elektrofahrzeugen (BEV) das Stromnetz beeinflusst und wie diese Flexibilitäten zukünftig nutzbar gemacht werden können. Unter der Annahme, dass im Jahr 2030 rund 1,6 Millionen Fahrzeuge (1/3 Drittel des Fahrzeugbestandes) in Österreich elektrisch unterwegs sein werden und ein Mehrbedarf von rund 4,3 TWh, das sind rund 7% des Jahresstrombedarfs, erforderlich sein wird, stellt sich insbesondere die Frage wie diese zukünftig intelligent genutzt werden können, um das System (vor allem Strom-Infrastruktur) zu entlasten und einen wirtschaftlichen und sozio-ökonomischen Mehrwert zu generieren.

Als Zielgruppe des zugrunde liegenden Berichts, wird das Ökosystem der Elektromobilität definiert. Hierzu zählen unter anderem politische Entscheidungsträger, Technologiegeber, sowie die Energiewirtschaft. Ein Teilziel der Trendanalyse ist es, der neu geformten österreichischen Regierung, eine vielseitige, aber dennoch kondensierte und damit entscheidungsvorbereitende Auskunft über die aktuellen Entwicklungen in diesem Bereich in der österreichischen Energiebranche zu geben.

1.2 Methode

Um möglichst viele Aspekte dieser komplexen Materie zu betrachten, die neben der notwendigen Infrastruktur, politischer Vorgaben und Gesetze, genauso das Mitwirken von Prosumenten benötigt, wurde das PESTEL-Framework bei der Durchführung der Experteninterviews gewählt. Prosumenten (engl. Prosumer) sind „Konsumenten, die zugleich Produzenten sind, oder auch Produzenten, die zugleich als Konsumenten auftreten“ (Gabler Wirtschaftslexikon). Die angewandte Methode wird zu Beginn von Abschnitt 2 näher erläutert.

Die zwischen April und Dezember 2024 geführten Experteninterviews wurden jeweils unter Zustimmung der Interviewpartnerinnen und Interviewpartner aufgezeichnet, im Anschluss transkribiert, zusammengefasst und anschließend den Expertinnen und Experten zur Verfügung gestellt. Dies dient

einerseits der Ergebnissicherung, sowie der besseren Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Aussagen der jeweiligen Gesprächspartnerinnen und -partner. Die Expertinnen und Experten haben sich zudem bereiterklärt auch namentlich im Zuge der Analyse genannt zu werden, um deren Aussagekraft zu stärken.

1.3 Befragte Expertinnen und Experten

Um eine fundierte Trendanalyse bieten zu können, wurde ein fachlich möglichst breites Spektrum an Vertreterinnen und Vertretern unterschiedlicher Unternehmen und Institutionen befragt. Dazu zählen Expertinnen und Experten der in Tabelle 1 abgebildeten Unternehmen/Institutionen (in alphabetischer Reihenfolge).

Tabelle 1: Im Rahmen der Analyse befragte Expertinnen und Experten und deren Unternehmen/Institution

Institution	Befragte Expertinnen und Experten
AIT Austrian Institute of Technology GmbH	DI Daniel Stahleder / Dr. Carlo Corinaldesi
AVL List GmbH (AVL)	DI Martin Engelbrecht / DI Ingo Hausberger
BEÖ / Linz AG	DI Andreas Reinhardt
CyberGrid GmbH	DI (FH) Alexander Kofink
E-VO eMobility GmbH	DI Christian Eugster
Forschungsinitiative Green Energy Lab	DI Susanne Supper
Österreichischer Automobil-, Motorrad- und Touring Club (ÖAMTC)	Marcella Kral

1.4 Definition: Flexibilitäten-Nutzung in der Elektromobilität

Unter dem Begriff Flexibilitäten-Nutzung in der Elektromobilität versteht die Arbeitsgruppe das Nutzbarmachen von Produktions- und Speicherkapazitäten „fahrzeug- und netzseitig“. Im Zuge der Experteninterviews wurden die Gesprächspartnerinnen und -partner eingangs um eine Definition dieses Begriffes gebeten, um vorab eine Gesprächsbasis zu etablieren. Die Definitionen bzw. Beschreibungen der einzelnen befragten Expertinnen und Experten werden im Nachfolgenden kurz erläutert und die Kernaussagen schließlich zusammengefasst.

Andreas Reinhardt, einerseits Vorsitzender des BEÖ und andererseits Bereichsleiter der Energiedienstleistungen bei der Linz AG, beschreibt den Begriff folgendermaßen: „Die Flexibilisierung oder die Flexibilität, die durch Elektromobilität erreichbar ist, ergibt sich [...] aus der Speicherkapazität, die entsteht und die in beiden Energieflussrichtungen genutzt werden kann oder genutzt wird. Die eine Flussrichtung ist das Laden dieser Batteriekapazitäten. Das andere ist die Entladung oder die Netzstützung und die Bereitstellung von Energie, die gespeichert ist.“ Auch für Christian Eugster von der E-VO eMobility GmbH geht es darum, „dass man die Batterien, die in den Fahrzeugen verbaut sind, als Energiespeicher nutzt und entweder zum Speichern von Energie oder zum Ausspeichern Energie nutzbar macht.“

Marcella Kral, Senior Sales & Account Manager vom ÖAMTC versteht darunter „die optimale Auslastung der vorhandenen Energie und das Ganze flexibel.“ Alexander Kofink von der CyberGrid GmbH geht einen Schritt weiter und sieht darin „ein weitestgehend ungenutztes Asset, nämlich die Batterie im Elektrofahrzeug, Stichwort Timesharing, vielfältigen Use Cases und Vermarktungsfällen zugänglich zu machen“. Für Kofink ist Flexibilität „ein Verbraucher, ein Erzeuger oder ein Speicher, [...] den man mit Sollwertvorgaben beeinflussen kann und das System sozusagen dann auf den Markt bringt, um so zusätzliche Wertschöpfung zu generieren, das System per se zu stützen, CO₂-Emissionen einzusparen und letztlich die Klimazukunft auch dadurch zu ermöglichen.“ Auch Carlo Corinaldesi vom AIT bezieht sich „auf die Fähigkeit, Anpassungsfähigkeit der Ladevorgänge von [...] Elektrofahrzeugen, an die Bedürfnisse des Stromnetzes und an die verfügbare Energieversorgung, um die Effizienz der Nutzung der Energie zu fördern und die Netzstabilität natürlich zu unterstützen.“

Zusammengefasst verstehen die Expertinnen und Experten unter Flexibilitäten-Nutzung in der Elektromobilität die Möglichkeit, die in den Batterien von Elektrofahrzeugen gespeicherte Energie sowohl zum Laden als auch zur Entladung gezielt und flexibel zu steuern. Dies beinhaltet die Anpassung der Ladevorgänge an die Bedürfnisse des Stromnetzes, die Nutzung der Batterien als Speicher für eine optimierte Energienutzung sowie die Schaffung von Mehrwert durch die Vermarktung dieser Flexibilität. Ziel ist es, durch diese Anpassungsfähigkeit die Netzstabilität zu unterstützen, CO₂-Emissionen zu reduzieren und die Energiewirtschaft insgesamt effizienter zu gestalten.

2 PESTEL

Die einzelnen Buchstaben des Akronym PESTEL, welches eine Erweiterung der STEP-Analyse darstellt, stehen dabei jeweils für die englischen Begriffe Political (Politisch), Economical (Ökonomisch), Social (Sozio-Kulturell), Technical (Technisch) und Legal (Rechtlich).

Dieses Framework soll dabei unterstützen, möglichst vielseitige Analysen durchzuführen, in denen alle relevanten Aspekte betrachtet werden. Wie eingangs beschrieben, wurden die durchgeführten Experteninterviews in einer semi-strukturierten Art und Weise durchgeführt, was wiederum bedeutet, dass es zwar ein im Vorfeld antizipiertes Konzept gibt, welches über ein dezidiertes Forschungsinteresse und ausformulierte Fragen verfügt, im Verlauf des Gesprächs jedoch davon abweichen darf. Dieser Ansatz wurde einerseits gewählt, um den unterschiedlichen Expertinnen und Experten die Möglichkeit zu geben, ihren jeweiligen Fachbereich vertieft auszuführen und andererseits, um der Arbeitsgruppe die Möglichkeit zu geben, bestimmte Aspekte durch gezieltes Nachfragen zu vertiefen. Das Konzept inkl. gestellter Fragen kann im Anhang eingesehen werden.

2.1 Politische Einflussfaktoren

Die Basis für die Flexibilitäten-Nutzung in der Elektromobilität bilden entsprechende Rechtsnormen, die auf politischer Ebene, einerseits durch die Europäische Union (EU) initiiert werden und in weiterer Folge in nationales Recht überführt werden.

2.1.1 Ist-Zustand auf EU-Ebene

In der Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFIR) vom 13. September 2023, wurde ein Rahmen für die einheitliche Weiterentwicklung von Ladeinfrastruktur innerhalb der europäischen Union geschaffen (AFIR , 2023).

Auf dieser Verordnung basierend, soll seitens der Mitgliedstaaten eine regelmäßige Bewertung über den potenziellen Beitrag von Elektromobilitäten zur Flexibilität im Energiesystem erfolgen. Mit der Zielsetzung Elektrofahrzeuge intelligent mit dem Stromnetz zu verbinden, sollen geeignete Maßnahmen definiert werden, die die Infrastrukturplanung mit der Netzplanung in Einklang bringen. Konkret sind im Rahmen des nationalen Strategierahmens Maßnahmen zu definieren, die aufbauend die geografische Verteilung von bidirektional nutzbaren Ladepunkten regeln und zum nutzbar machen von Flexibilitäten im Energiesystem führen (AFIR , 2023, S. Art.15 (3)).

Im Rahmen der nationalen Berichterstattung war bis zum 30. Juni 2024 und danach alle drei Jahre zu bewerten, inwieweit Elektrofahrzeuge in Kombination mit der zu errichtenden Ladeinfrastruktur zu einer höheren Flexibilität im Energiesystem führen und welcher Beitrag dadurch zum Regelreservemarkt geleistet wird. Im Zuge dieser Bewertung soll sowohl öffentliche als auch private Ladeinfrastruktur einbezogen werden. Der Regulierungsbehörde, welche im Falle Österreichs die E-Control darstellt, kommt hierbei die Aufgabe der eigentlichen Bewertung zu. Die Mitgliedsstaaten wiederum haben Maßnahmen zu ergreifen, die den erforderlichen Aufbau betreffen. Die Bewertung und die Maßnahmen werden durch die Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber in den Netzentwicklungsplänen abgebildet und sollen sicherstellen, dass die Stromnetze den zukünftigen Anforderungen genügend ausgebaut sind. Hierdurch soll die Verfügbarkeit von bidirektionalen Ladepunkten, die die Basis der Flexibilitäten-Nutzung in der Elektromobilität bilden, gesteigert werden (AFIR , 2023, S. Art. 15).

2.1.2 Ist-Zustand auf nationaler Ebene

Die Umsetzung auf nationaler Ebene in Österreich, spiegelt sich einerseits im „Sofortprogramm: Erneuerbare Energie in der Mobilität“, (2022) sowie im nationalen Strategierahmen (2024) als Erfüllung der Umsetzungsverpflichtung aus der AFIR wider.

Das Sofortprogramm setzt den Mobilitätsmasterplan 2030 des Bundesministeriums für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) mit dem „Fit for 55“-Paket der europäischen Union in Bezug. Die darin erarbeiteten Maßnahmen rund um E-Mobilität und Netzentgelte, sehen die Ausarbeitung eines neuen Strommarktdesigns vor. So sollen im Rahmen der Ausgestaltung der Netzentgelte durch die Regulierungsbehörde, Anreize für die Flexibilitäten-Nutzung gesetzt werden. Die Ausnutzung der bestehenden Netzkapazitäten durch die Einführung von flexiblen und unterbrechbaren Tarifen, wird Endnutzerinnen und Endnutzern die Möglichkeit geben, an der Energiewende zu partizipieren. Für die Umsetzung des Sofortprogrammes ist das BMIMI, sowie davon abgeleitet die E-Control verantwortlich (Sofortprogramm: Erneuerbare Energie in der Mobilität, 2022).

Um diese politischen Zielsetzungen in geltendes Recht zu gießen, dient das Elektrizitätswirtschaftsgesetz (EIWG), welches seit Jänner 2024 als Begutachtungsentwurf vorliegt. Dieses regelt in den Zielen und Grundsätzen für den Elektrizitätsmarkt, dass die Beteiligung von Konsumentinnen und Konsumenten, durch die Möglichkeiten zur Laststeuerung und die flexible Energieerzeugung und Speicherung ermöglicht wird. Auch eine entsprechende Monetarisierung und eine nachfrage- bzw. angebotsbasierte Bepreisung wird hierbei vorgesehen. Weiters vorgesehen ist die Flexibilisierung von Angebot und Nachfrage durch die Energiespeicherung und Aggregation, sowie durch die Schaffung einer Möglichkeit zur Lastgangverschiebung. Möglich gemacht werden soll dies durch die Fähigkeit der Erzeuger und Verbraucher zur Erbringung von Flexibilisierungsleistungen (EIWG, 2024).

Als Ergebnis, aus dem in der AFIR geforderten Prozess, dient der nationale Strategierahmen für Österreich, der die Erfüllung der Umsetzungsverpflichtung Österreichs regelt. Im Zuge des Strategierahmens wurde definiert, dass zu errichtende Ladepunkte und der Betrieb von Ladepunkten in der Art und Weise stattzufinden haben, dass sie einen Beitrag zur Flexibilität des Energiesystems, sowie zur Durchdringung des Stromnetzes leisten (Nationaler Strategierahmen für Österreich, 2024). Der nationale Strategierahmen streicht hierbei explizit Projekte heraus, die für einen „Best Practice“-Ansatz der Einbindung von Elektromobilität in das Stromnetz und das Flexibilisierungspotenzial herangezogen werden können. Das Leitprojekt „Car2Flex“ mit Laufzeit bis Ende 2024, untersucht hierbei E-Carsharing, E-Unternehmensflotten, sowie Privatpersonen, wobei der Hauptfokus auf der Bereitstellung von Flexibilitäten durch bidirektionales Laden liegt.

2.1.3 Soll-Zustand

Eine Veröffentlichung aus dem Jahr 2022, welche in Zusammenarbeit zwischen dem Klima- und Energiefonds und dem Green Energy Lab entstanden ist, setzt Rahmenbedingungen und Handlungsempfehlungen, um eine breite Nutzung und die Steuerbarkeit von bidirektionalem Laden zu gewährleisten. In diesem Zuge wurden sieben konkrete Handlungsempfehlungen definiert, die in Angriff genommen werden sollen. Diese Handlungsempfehlungen hängen unmittelbar, bzw. mittelbar mit dem politischen und in weiterer Folge regulatorischem Umfeld zusammen. Als Basis sollen nationale Demonstrationsprojekte geschaffen werden, die auf die Systemeffekte von gesteuertem und bidirektionalen Laden eingehen. Weiterführend soll sich Österreich aktiv auf Ebene der Europäischen Union, für die Weiterentwicklung des Rechtsrahmens einsetzen. Davon abgeleitet, soll das regulatorische Umfeld geschaffen und Standards in Österreich definiert werden. Für eine Etablierung im wirtschaftlichen Kontext, sollen Unterstützungsmechanismen für eine massenmarktaugliche Nutzung geschaffen werden (winnovation consulting gmbh; Forschungsinitiative Green Energy Lab, 2022).

Aus den in der YEP-Arbeitsgruppe geführten Experteninterviews ergibt sich, dass die Grundlage für die Nutzbarkeit von Flexibilitäten im politischen und regulatorischen Umfeld gesehen wird. Insbesondere für die Entwicklung entsprechender Richtlinien und Standards, ist die politische Dimension von großer Bedeutung, da diese dafür entscheidend ist, die Nutzung massenmarktauglich zu machen. Diese Aussage wird durch alle Interviewpartner unterstützt. Aus Sicht von Andreas Reinhardt (BEÖ), geht es im politischen Prozess insbesondere darum einen Interessenausgleich zu schaffen und die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Hier sind aus Sicht von Reinhardt im EIWG bereits viele Maßnahmen definiert worden, die diesen Anspruch verfolgen. Aus Sicht von Marcella Kral (ÖAMTC), ist es erforderlich, eine Möglichkeit zur Partizipation durch den politischen Prozess zu schaffen. Aus Sicht von Carlo Corinaldesi (AIT), bedarf es einer klaren politischen Linie, um den unterschiedlichen Marktteilnehmern langfristige Planungssicherheit zu geben. Die Expertinnen und Experten sind sich einig, dass der politische Prozess die notwendige Grundlage für eine Marktdurchdringung schaffen muss.

2.2 Ökonomische Einflussfaktoren

Für die netzdienliche Gestaltung von Ladevorgängen, die maßgeblich von der Akzeptanz der Nutzerinnen und Nutzer abhängt, bestehen aktuell wenig Anreize. Ohne die Möglichkeit einer Leistungsmessung, werden die Ladetarife zeit- und leistungsunabhängig abgebildet. Hingegen würden zeitvariable Energietarife einen wichtigen Beitrag leisten, welche ein netzdienliches Verhalten zur Folge hätten. Die aktuelle Verteilnetzsituation führt dazu, dass die Gleichzeitigkeit von individuell optimierten Ladevorgängen zu einer extra Belastung für das Verteilnetz führen (Samm , Vopava-Wrienz, & Kienberger, 2025).

Um ein Flexibilitäts-Potenzial für den österreichischen Markt ableiten zu können, lohnt sich ein Blick auf Berechnungen, die für Deutschland angestellt wurden. Laut einem im Oktober 2024 erschienen Bericht der Forschungsinstitute Fraunhofer ISI und ISE für T&E, kann die V2G-Technologie das deutsche Energiesystem bis 2040 jährlich um 8,4 Milliarden Euro entlasten (Siehe dazu im Abschnitt Ökologische Einflussfaktoren). EU-weit würde sich die Einsparung auf 22 Milliarden Euro pro Jahr belaufen, was einer Senkung der Kosten für Bau und Betrieb des EU-Energiesystems um 8 Prozent entspräche. Zwischen 2030 und 2040 wird von einer Gesamteinsparung EU-weit in Höhe von 100 Milliarden Euro ausgegangen (Fraunhofer ISE & Fraunhofer ISI, 2024). Auf Basis der gegebenen Proportionalität im rückspeisefähigen BEV-Bestand und bei der Gesamtbevölkerungszahl, zwischen den Ländern Deutschland (15 Millionen BEV und ~84 Millionen Einwohner 2030) und Österreich (1,6 Millionen BEV und ~ 9,4 Millionen 2030), lässt sich ein Verhältnis von 1:10 zwischen den beiden Ländern ableiten. Dieses Verhältnis würde einer jährlichen Einsparung im österreichischen Energiesystem in Höhe von 840 Mio. Euro entsprechen (oder das Potenzial für einen beschleunigten Umbau bieten).

Die Netzwerk- und Gebührenstruktur bedarf ebenfalls einer Anpassung, um den Einsatz von Energiespeichern und deren Wirtschaftlichkeit zu optimieren. Als wichtige Basis hierfür wird der Einsatz von intelligenter Ladeinfrastruktur festgestellt, die zu einer Entlastung des Verteilnetzes führt. Das netzdienliche Verhalten kann durch verschiedene Tarifmodelle monetarisiert werden, welches das Netztarifmodell, sowie einem zeitvariablen Netztarif und den Leistungspreis in die Berechnung einbezieht (Samm , Vopava-Wrienz, & Kienberger, 2025).

2.2.1 Erwartetes Flexibilitätspotenzial

Basierend auf der Ausarbeitung des Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) Forum Netztechnik/Netzbetrieb, wird im Zuge der Trendanalyse das Flexibilitätspotenzial für den österreichischen Markt heruntergebrochen. Diesbezüglich wird einerseits ein Anteil der „rückeinspeisefähigen“ Fahrzeuge, gemessen an der Entwicklung des Gesamtbestandes an Elektrofahrzeugen betrachtet. Der rückeinspeisefähige BEV-Fahrzeugbestand wird in ein Verhältnis mit der durchschnittlich zur Verfügung stehenden Batteriegröße gesetzt (Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN) , 2024).

Entsprechend dem Sofortprogramm der Österreichischen Bundesregierung, soll der Fahrzeugbestand bis zum Jahr 2030 bereits auf 1,6 Millionen BEV anwachsen (Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2022). Für die Berechnung des Potenzials, hat der VDE in der herangezogenen Ausarbeitung eine durchschnittliche Batteriekapazität von 60 kWh angenommen. Weiterführend wird eine durchschnittliche Tagesfahrleistung von 40 km und ein durchschnittlicher Verbrauch von 20 kWh/ 100km angenommen. Aus dieser Annahme ergibt sich, dass für das Mobilitätsbedürfnis 13% der durchschnittlichen Batteriekapazität erforderlich ist. Zusätzlich kann angenommen werden, dass die bidirektionale Nutzung des Fahrzeugs überwiegend zu Hause stattfinden

Trendanalyse: Flexibilitäten-Nutzung in der Elektromobilität

wird. Hierfür werden 10 kW Einspeiseleistung angenommen (Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN) , 2024). Es ist davon auszugehen, dass diese Annahmen auch auf Österreichs E-Fahrzeugflotte zutreffen.

Entsprechend der vorweg getroffenen Annahmen wird in Österreich von einem theoretischen Potenzial in Höhe von 16 GW Rückspeiseleistung bzw. 57,6 GWh einspeisefähiger Energiemenge bei 1,6 Millionen BEV ausgegangen. Für die Berechnung der einspeisefähigen Energiemenge, stehen 60% der Batteriekapazität zur Verfügung. Hierdurch wird eine entsprechende Reserve für das eigentliche Mobilitätsbedürfnis gewährleistet (Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN) , 2024). Um eine realistische Annahme treffen zu können, werden drei Szenarien, mit unterschiedlichen Anteilen an rückspeisefähigen Fahrzeugen abgebildet (siehe Abbildung 1).

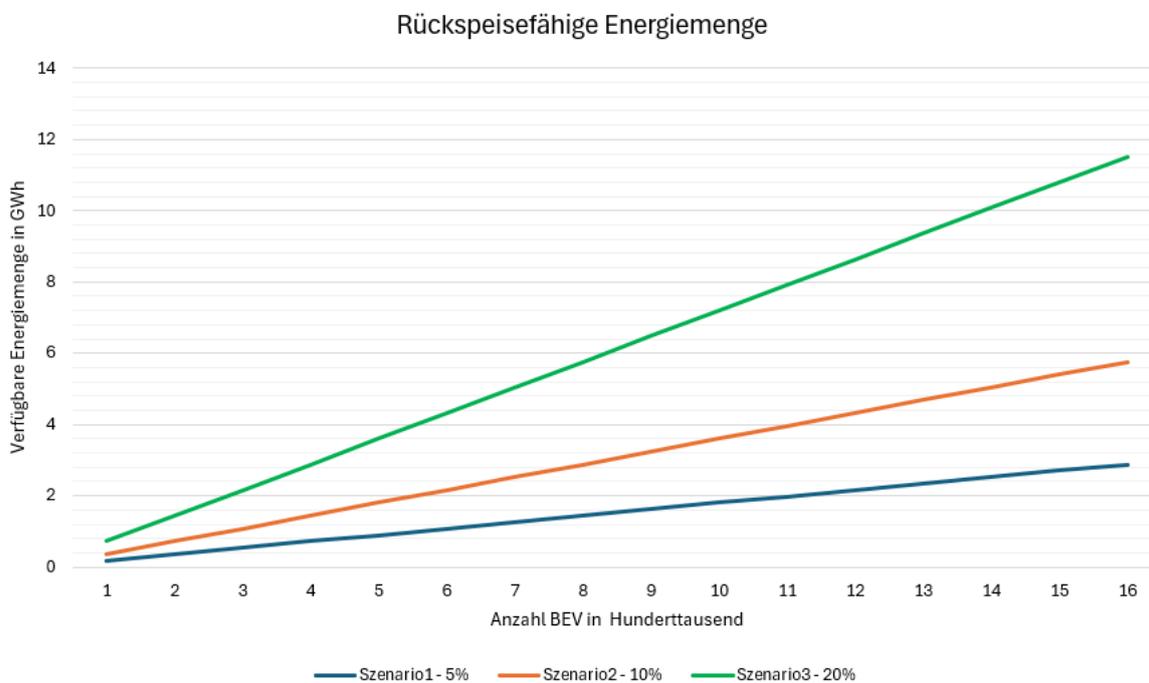


Abbildung 1: Rückspeisefähige Energiemenge anhand von Szenarien (eigene Darstellung)

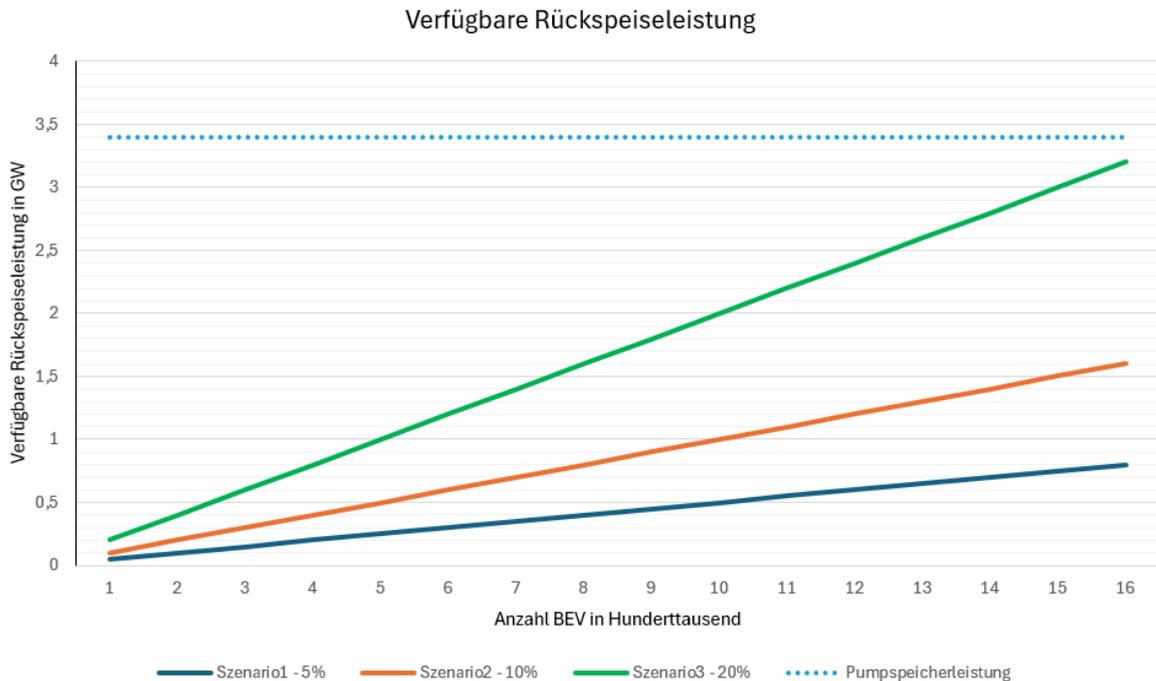


Abbildung 2: Rückspeisefähige Leistung anhand von Szenarien (eigene Darstellung)

Aus den angenommenen Szenarien kann abgeleitet werden, dass die bis zum Jahr 2030 prognostizierten 1,6 Millionen BEV unter Anwendung von Szenario 3, potenziell an die gesamte heutige (Stand 2025) in Österreich verfügbare Pumpspeicherleistung über die Einbindung von rückspeisefähigen Elektrofahrzeugen heranreichen. Für die rückspeisefähige Energiemenge ergibt sich ein Wert von 11,52 GWh unter Anwendung desselben Szenarios. Diese Berechnung wird unterstützt, durch die Aussagen des befragten Experten, Alexander Kofink, der ebenso die Analogie zwischen BEVs und Pumpspeicherkraftwerken im Bezug auf installierte Leistung herstellt.

2.2.2 Szenarien-Analyse: Privathaushalt

Im Zuge der 14. Internationalen Energiewirtschaftstagung an der Technischen Universität (TU) Wien im Jahr 2024, wurde eine Szenarienanalyse angestellt. Hierfür wurden zwei Szenarien gegenübergestellt, die unterschiedlichen Nutzungsprofilen einer Privatnutzerin oder eines Privatnutzers entsprechen. Als Basis für die errechneten Szenarien, dient ein Einfamilienhaus, welches mit einem eigenen bidirektional nutzbaren Ladepunkt ausgestattet ist. Für beide Szenarien werden auf der Handelsseite einerseits fixierte, sowie andererseits variable Energiepreise in Kombination mit bestehenden Netztarifen, einem zeitvariablen Netztarif und einem Leistungspreis verglichen.

- Szenario A beschreibt ein Pendlerprofil, mit einer zeitlichen Einschränkung, die Nutzung des Ladepunktes betreffend. Im Rahmen dieses Profils, sind Ladezeiten zwischen 17:00 und 07:00, sowie tägliche Ladevorgänge vorgesehen.
- Szenario B beschreibt ein Profil, mit dem auch unter Tags am Ladepunkt unter Einbeziehung einer 6,3 kWp PV-Anlage geladen werden kann. Für den durch die Anlage erzeugten Überschuss, wurde ein gemittelter Marktpreis von 4,655 ct/kWh (Abwicklungsstelle für Ökostrom) herangezogen. Im Rahmen dieses Profils sind Ladezeiten zwischen 07:00 und 07:00, sowie Ladevorgänge alle drei Tage vorgesehen.

Trendanalyse: Flexibilitäten-Nutzung in der Elektromobilität

Als Ergebnis der Analyse kann festgestellt werden, dass ein variabler Energiepreis durch die Verschiebung des Ladevorganges in preiswerte Zeiten mit einer Kosteneinsparung einhergeht. Hierdurch wird ein Anreiz auf der Nutzerseite geschaffen, welcher zu einer jährlichen Kostenersparnis von € 250,00 führt. Auf der Netzseite kann durch die Lastgangverschiebung eine geringere Netzbelastung bezweckt werden. (siehe Ökologische Einflussfaktoren, Abschnitt 3.5) Ein etwaig zeitvariabler Netztarif würde hierfür den entsprechenden Anreiz auf Seite der Nutzerinnen und Nutzer schaffen (Samm , Vopava-Wrienz, & Kienberger, 2025).

Ein alternatives Rechenbeispiel wird in Abbildung 3 dargestellt. Hierbei wurde das jährliche Einsparungspotenzial anhand von vier Nutzungsprofilen verglichen, wobei für alle Nutzungsprofile ein variabler Energiepreis zur Anwendung kommt. Der Berechnung liegt eine Tagesfahrleistung von 50 km, ein durchschnittlicher Verbrauch von 20 kWh/100 km, sowie eine Einspeiseleistung von 11 kW zugrunde (Hirschbichler, 2024). Als Basis für das Rückspeisepotenzial wurde für denselben Betrachtungszeitraum die entsprechende Marktpreisentwicklung herangezogen (Siehe Abbildung 4).

Das Balkendiagramm in Abbildung 3 zeigt das jährliche Einsparungspotenzial eines BEV-Nutzers / einer BEV-Nutzerin anhand von vier unterschiedlichen Szenarien. Die Szenarien unterscheiden zwischen den unterschiedlichen Ladezeiten bzw. der „Ladeflexibilität“ der Nutzerinnen und Nutzer. Dafür werden die Spotpreise, wie in Abbildung 4 als Berechnungsgrundlage verwendet.

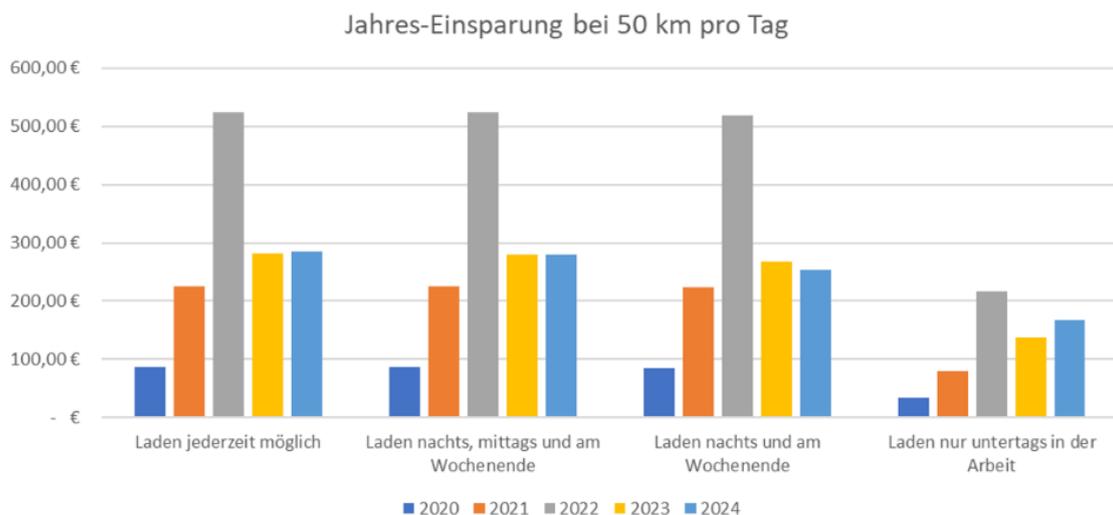


Abbildung 3: (Jahres-Einsparung für vier Nutzungsprofile 2020-2024; (Hirschbichler, 2024)

Nachfolgende Tabelle 2 zeigt die genauen jahresbezogenen Daten, die von (Hirschbichler, 2024) zur Verfügung gestellt und zur Erstellung von Abbildung 3 verwendet wurden.

Tabelle 2: Unterschiedliche Szenarien-abhängige Einsparungspotenziale von 2020 bis 2024 (Hirschbichler, 2024)

Trendanalyse: Flexibilitäten-Nutzung in der Elektromobilität

Jahr	2020	2021	2022	2023	2024
Laden jederzeit möglich	86,16 €	225,02 €	524,49 €	281,39 €	285,13 €
Laden nachts, mittags und am Wochenende	86,13 €	224,79 €	524,15 €	279,79 €	280,16 €
Laden nachts und am Wochenende	84,09 €	223,37 €	519,21 €	267,04 €	252,98 €
Laden nur untertags in der Arbeit	34,06 €	80,09 €	216,05 €	137,48 €	167,37 €

Wie in Abbildung 3 ersichtlich, verspricht das Szenario „Laden jederzeit möglich“ insgesamt das höchste Einsparungspotenzial bei der bidirektionalen Nutzung von BEVs. Tabelle 2 verdeutlicht, dass die lukrativsten Zeiten, das Fahrzeug zu beladen, zwischen 22:00 und 3:00, sowie zwischen 10:00 und 14:00 liegen. Aus einem ökonomischen Blickwinkel ist die Rückeinspeisung zwischen 3:00 und 10:00 bzw. zwischen 14:00 und 22:00 am attraktivsten. Die Berechnung verdeutlicht, dass im Jahr 2024, je nach gewählten Szenario Einsparungen zwischen € 167,37 und € 285,13, möglich gewesen wären. Dies deckt sich mit den vorab beschriebenen Erkenntnissen von (Samm , Vopava-Wrienz, & Kienberger, 2025) in Höhe von € 250,00 pro Jahr.

2.2.3 Spotpreis-Entwicklung als Basis für Rückseisepotenzial

Die Basis für das Angebot flexibler Energiepreise bildet eine entsprechende Kenntnis der Strompreisentwicklung über den Jahres- und Tagesverlauf. Exemplarisch wird im nachstehenden Beispiel (siehe Abbildung) der Intraday-Preise für den 12.05.2024 herangezogen.



Abbildung 4: Strompreisentwicklung 12.05.2024 aWATTar (Hirschbichler, 2024)

Aus der Grafik ist das Potenzial zur Verschiebung von Ladevorgängen über den Tagesverlauf ersichtlich. Insbesondere in Zeiten, in denen viel PV-Strom verfügbar ist, kann günstig geladen werden, wie eingangs in Szenario B (Verweis) angenommen. Wie in Abbildung 4 ersichtlich können zwischen 09:00h und 18:00h bis zu 8,24 ct/kWh für die Abnahme des Stroms lukriert werden, wohin gehend zwischen 18:00h und 09:00h bis zu 6,75 ct/kWh für die Einspeisung abgegolten worden wären.

Abbildung 4 unterstützt damit die errechneten und dargestellten Ergebnisse, mit der Darstellung der zur Verfügung stehenden PV-Kapazitäten. Diese ermöglichen die wirtschaftliche Beladung des BEVs in den genannten Stunden und unterstreichen das energiewirtschaftliche Flexibilisierungspotenzial von BEVs.

2.3 Sozio-kulturelle Einflussfaktoren

Die Nutzung von Flexibilitäten in der Elektromobilität bringt nicht nur technologische und ökonomische, sondern, wie in den Experteninterviews auch hervorgehoben, auch sozio-kulturelle Veränderungen mit sich.

Die befragten Expertinnen und Experten sind sich einig, dass es Bewusstsein, eine breite Akzeptanz und Verhaltensänderungen benötigt, um eine Teilnahme an Flexibilitätslösungen zu erreichen. Vor allem im privaten Bereich, hängt die Bereitschaft zur Teilnahme am Energiemarkt oder künftig an der Flexibilitäts-Nutzung, stark von individuellen Gewohnheiten, dem Vertrauen in Technologien und letztlich vom Preis ab. Die Sicherheit der Nutzerinnen und Nutzer (z.B. Datenschutzbedenken) und die Verfügbarkeit ihrer Fahrzeuge, spielen dabei ebenfalls eine große Rolle. Insbesondere bei privaten BEV-Besitzern gibt es oftmals Bedenken bezüglich der Lebensdauer der Fahrzeugbatterien und der Angst vor zu wenig Reichweite zu benötigten Zeiten. Stahleder und Corinaldesi führen an, dass die soziale Integration nur gelingen kann, wenn Backend-Betreiber, Netzbetreiber und Mobilitätsanbieter effizient kommunizieren und Fahrzeughersteller offenlegen, was ihre Batterien leisten können. Diese Bedenken müssen durch geeignete Informationskampagnen und Transparenz ausgeräumt werden, da dies entscheidend für die Akzeptanz der Nutzerinnen und Nutzer sein wird. Zudem ist oft nicht klar, in welchem Ausmaß bidirektionales Laden zu Einsparungen bei den jährlichen Stromkosten führen kann. Reinhardt bringt im durchgeführten Interview ein Beispiel aus Belgien, das zeigt, dass Nutzerinnen und Nutzer mit BEV durch bidirektionales Laden Geld verdienen können, indem sie proaktiv zur Netzstabilisierung beitragen. Solche finanziellen Vorteile können Menschen zusätzlich motivieren, sich aktiv an Flexibilitätslösungen zu beteiligen. Auch Eugster sieht hier einen Zusammenhang, denn Verbraucher sind eher bereit, Flexibilität zu nutzen, wenn der finanzielle Nutzen direkt „im Geldbörsel“ ankommt. Ansätze, in welcher Höhe Einsparungen erzielt werden können, wurde in Abschnitt 2.2 erörtert.

Kral weist jedoch auch darauf hin, dass Mobilität leistbar bleiben muss. Dynamische Tarife könnten soziale Ungleichheiten verstärken, wenn z. B. einkommensschwächere Menschen nur zu ungünstigen Zeiten laden können. Deshalb ist es auch wichtig, dass Menschen ohne PV-Anlage oder Eigenheim in die Energiewende eingebunden werden, etwa durch die Nutzung von gemeinschaftlichen Ladeinfrastrukturen.

Aufgrund der fortschreitenden Technologisierung ist, ähnlich wie bei der Nutzung von Smartphones, die Benutzerfreundlichkeit und eine einfache Bedienung und Integration in den Alltag der Nutzerinnen und Nutzer erforderlich. Wenn es für die Nutzerinnen und Nutzer einfach ist, ihre Geräte und Fahrzeuge automatisch zu steuern, ohne ständig manuell eingreifen zu müssen, steigt die Bereitschaft.

Die Entwicklung neuer, innovativer Lösungen, wie etwa autonomes Fahren oder induktives Laden, macht viele Menschen neugierig und bereit, sich auf neue Modelle in der Energie- und Mobilitätsnutzung einzulassen. Insbesondere Vehicle-to-Grid oder Vehicle-to-Home wird als zukunftsweisend betrachtet und schafft zusätzliche Motivation, sich auch an der Bereitstellung von Flexibilitäten zu beteiligen. Supper erklärte, dass sich dies in Projekten wie Car2Flex gezeigt hat. Je klarer Nutzen und Vergütung kommuniziert werden, desto höher die Bereitschaft zur Teilnahme.

2.4 Technologische Einflussfaktoren

Bei der Analyse der technologischen Einflussfaktoren geht es, wie in Abschnitt 1.4 definiert, um die Einbindung von BEV in das Energiesystem, um Produktions- und Speicherkapazitäten auf Fahrzeug- und Netzseite optimal zu nutzen. Kofink beschreibt die Flexibilitäten-Nutzung als Schlüsselkonzept, bei dem ungenutzte Energiespeicher für verschiedene Anwendungsfälle sowie zur Stromvermarktung genutzt werden können. Kral ergänzt, dass Fahrzeugbatterien durch ihre Fähigkeit überschüssige Energie zu speichern und bedarfsorientiert abzugeben, einen wesentlichen Beitrag zur Netzstabilität leisten. Auch die Experten des AIT erörtern, dass bidirektionales Laden ein erhebliches Potenzial zur Netzstabilisierung bietet, jedoch mit technischen Herausforderungen verbunden ist, insbesondere in Bezug auf die Effizienz im Teillastbetrieb. Zudem erfordern V2G-Systeme eine präzise Auslegung der Fahrzeugkomponenten und könnten sowohl Lebensdauer als auch Kosten der Fahrzeuge beeinflussen.

2.4.1 Einfluss auf Fahrzeug und Batterie

Fahrzeugbatterien können nicht nur Energie speichern, sondern auch ins Netz einspeisen und so zur Netzstabilität beitragen. Durch ihre schnelle Reaktionsfähigkeit und die Skalierbarkeit mehrerer Fahrzeuge könnten sie Lastspitzen glätten und die Netzfrequenz stabilisieren. Laut einer Studie von (Fraunhofer ISE & Fraunhofer ISI, 2024) könnte der Bedarf an stationären Batteriespeichern in der EU durch den Einsatz von Fahrzeugbatterien bis 2040 um bis zu 92 % reduziert werden. Stahleder verweist zudem auf eine Studie in Nature Communications, die zeigt, dass Elektrofahrzeugbatterien den Kurzzeitspeicherbedarf global bereits 2030 decken könnten.

Besonders in Energiesystemen mit hohen Anteilen (fluktuierender) erneuerbarer Energien sind diese Speicher von Bedeutung. Supper und Reinhardt betonen, dass die Integration von Fahrzeugbatterien entscheidend zur Netzstabilität und Flexibilität beiträgt. Die befragten Expertinnen und Experten stimmen darin überein, dass sie eine zentrale Rolle für ein dynamisches und nachhaltiges Energiemanagement spielen.

2.4.1.1 Herausforderungen durch Dimensionierung und Verluste

Laut Engelbrecht sind Batterie und Elektronik eines Fahrzeugs für eine bestimmte Betriebszeit („*Power-on-Time*“) ausgelegt. Stahleder bestätigt, dass Fahrzeuge für eine begrenzte Anzahl von Betriebsstunden konzipiert sind. Durch Power-to-X-Anwendungen können diese jedoch deutlich häufiger aktiv sein, wodurch zusätzliche Belastungen entstehen. „*Beim Ladevorgang sind zahlreiche Komponenten aktiv*“, erläutert Stahleder und nennt unter anderem das Kühlsystem des Akkus, die Elektronik des Fahrzeugs sowie die Wechselrichter und Schütze.

Engelbrecht nennt einen Grundverbrauch zwischen 100 und 300 Watt, abhängig von der Fahrzeugvernetzung, was neue Anforderungen an die Elektronik stellt. Stahleder betont daher, dass das Konzept durch V2G-Anwendungen überdacht werden müsse. Insbesondere die Lade- und Entladezyklen der Batterie sind ein zentrales Thema, zu dem es bisher nur begrenzte Langzeiterfahrungen gibt.

Laut Engelbrecht entstehen beim Laden abhängig von der Energiemenge und der Ladeart Verluste zwischen 5 und 8 %. Wenn die Batterie vorkonditioniert werden muss, verstärken sich diese Verluste zusätzlich. Stahleder hebt hervor, dass insbesondere im Teillastbetrieb von V2G die Effizienz des Ladens und Entladens gering ist. Dies sei vor allem auf die zusätzliche Peripherie zurückzuführen, die während des Ladeprozesses aktiv bleibt, darunter Ladecontroller und das Kühlsystem. „*Hier gibt es noch großes*

Optimierungspotenzial“, betont Stahleder und verweist auf Fortschritte im Bereich der Heimspeicher, die anfänglich ähnliche Effizienzprobleme aufwiesen.

Allerdings sieht Engelbrecht hierin „*keinen wirklichen Preistreiber*“. Wichtiger sei die Frage der Haltbarkeit von Elektronik und Batterie. Jüngste Erkenntnisse deuten jedoch darauf hin, dass Fahrzeugbatterien langlebiger sind als ursprünglich erwartet. Dies bestätigt auch eine aktuelle P3-Studie (Hackmann, Knörzer, Pfeuffer, & Jeckel, 2024) die zeigt, dass BEV-Batterien deutlich länger halten als angenommen.

2.4.1.2 Intelligente Lade- und Steuerungskonzepte

Intelligente Algorithmen ermöglichen es, Ladepläne flexibel anzupassen, die Batterielebensdauer zu maximieren und die gleichzeitige Verfügbarkeit der Batterien als Speicherressourcen und für Mobilitätszwecke zu gewährleisten. Alle befragten Expertinnen und Experten betonen die zentrale Bedeutung intelligenter Lade- und Steuerungssysteme. Diese sind entscheidend, um Energieflüsse effizient zu gestalten, Netzengpässe zu vermeiden und die Integration erneuerbarer Energien zu fördern. Kral unterstreicht, dass intelligente Ladestrategien ein integraler Bestandteil moderner Elektromobilitätslösungen sind. Dynamisch angepasste Ladeprozesse reduzieren die Netzbelastung, optimieren die Lebensdauer der Batterien und sichern die Mobilitätsbedürfnisse der Nutzerinnen und Nutzer.

Reinhardt betont, dass effiziente Steuerungssysteme essenziell sind, um das Potenzial von Fahrzeugbatterien vollständig auszuschöpfen. Im Interview mit dem AIT, wurden verschiedene Steuerungskonzepte für das Laden von Elektrofahrzeugen diskutiert, insbesondere dezentrale und zentrale Ansätze. Dezentrale Systeme zeichnen sich durch Einfachheit und Stabilität aus, während zentrale Lösungen komplexer, aber potenziell effizienter sind. Eine zentrale Herausforderung dezentraler Steuerungen ist die Spannungsregelung, da Verbraucher am Netzeende oft niedrigere Spannungen aufweisen. Beide Ansätze bieten spezifische Vorteile und Herausforderungen – auch im regionalen Kontext, die von den Expertinnen und Experten ausführlich analysiert wurden.

Supper hebt hervor, dass fortschrittliche Algorithmen Ladepläne dynamisch an Netz- und Marktanforderungen anpassen. Diese berücksichtigen die aktuelle Netzlast, Strompreisschwankungen und den Ladezustand der Batterien. Ziel ist es, Ladezeiten auf Perioden geringer Netzlast zu verschieben, Überlastungen zu vermeiden und die Nutzung erneuerbarer Energien zu maximieren.

2.4.1.3 Technologische Standards und Interoperabilität

Ein zentraler technischer Aspekt für die Integration von BEVs in das Stromnetz ist die Interoperabilität zwischen Fahrzeugen, Ladestationen und Backend-Systemen. Standardisierte Protokolle sind dabei entscheidend, um eine nahtlose Kommunikation und eine effiziente Steuerung der Ladeprozesse zu gewährleisten. Die befragten Expertinnen und Experten betonen mehrheitlich, dass nur durch einheitliche Standards eine erfolgreiche Integration von Fahrzeugbatterien und Ladeinfrastruktur in das Stromnetz möglich ist.

Reinhardt hebt hervor, dass eine funktionierende Interoperabilität ein leistungsfähiges Datenmanagement erfordert, da große Mengen an Echtzeitdaten verarbeitet werden müssen, um optimale Lade- und Entladeleistungen sicherzustellen. Stahleder unterstreicht diesen Punkt und bezeichnet Interoperabilität als „*das Allerwichtigste*“. Er verweist auf etablierte Standards wie das Open Charge Point Protocol (OCPP) und die ISO 15118-20, die essenziell für Skalierbarkeit, V2G-Funktionalitäten und eine reibungslose Systemintegration sind. In diesem Zusammenhang nennt er auch

die Richtlinie R 37:2024-12-01 des Österreichischen Verbands für Elektrotechnik, die die technischen Voraussetzungen für eine skalierbare Steuerung schaffen soll.

Supper sieht standardisierte Protokolle als Schlüssel zur Skalierbarkeit und Effizienz der Ladeinfrastruktur, betont jedoch, dass regionale Unterschiede und unterschiedliche Interpretationen der Standards weiterhin eine Barriere darstellen. Auch Hausberger weist darauf hin, dass die Einführung und Harmonisierung dieser Standards herausfordernd bleibt, da verschiedene industrielle und regionale Anforderungen berücksichtigt werden müssen. Stahleder ergänzt, dass es „große Implementierungsprobleme bei den Herstellern“ gibt. Er erwartet, dass es noch dauern wird, bis das bidirektionale Laden in Europa flächendeckend und interoperabel funktioniert. Proprietäre Lösungen bestimmter Hersteller, wie beispielsweise der Volkswagen AG, könnten den Fortschritt verzögern, aber auch Markteintritte fördern und damit Innovationsdruck erzeugen.

Engelbrecht hingegen sieht weniger technische Hemmnisse: „Die Standards sind definiert.“ Das Hauptproblem liege in der Zeit, die benötigt wird, um die Technologie flächendeckend auszurollen. Hausberger ergänzt, dass das Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten oft noch problematisch sei, obwohl bereits Fortschritte erzielt wurden. Die mangelnde Interoperabilität resultiert laut ihm aus Interpretationsspielräumen in den Standards, die von Herstellern unterschiedlich genutzt werden.

Zusammenfassend sieht Engelbrecht weniger technische Herausforderungen als vielmehr fehlende Anreize für eine rasche Umsetzung (siehe Abschnitt 2.2). Hausberger stimmt dem zu und betont, dass die Infrastruktur, OEMs und Zulieferer technisch bereit seien. CyberGrid setzt bereits auf die Implementierung von IEEE-Protokollen, um eine einheitliche Steuerung und bessere Interoperabilität zu ermöglichen. Auch die E-VO eMobility GmbH arbeitet mit etablierten Standards wie OCPP und integriert V2G-Funktionalitäten. Die Harmonisierung dieser Protokolle wird als langfristige Notwendigkeit betrachtet, um eine effiziente und skalierbare Nutzung der Flexibilitäten zu ermöglichen. Marcella Kral ergänzt, dass Standardisierung nicht nur eine technische Grundlage schafft, sondern auch die Effizienz der Flexibilitätsnutzung verbessert. Dennoch bleibt die Sicherstellung der Interoperabilität eine komplexe Aufgabe, die kontinuierlich adressiert werden muss.

Aktuelle und in naher Zukunft erscheinende Fahrzeuge verschiedener Leistungsklassen unterstützen bereits Vehicle-to-Everything (V2X). Diese Technologie ist somit verfügbar und stellt aus technischer Sicht keine wesentliche Herausforderung mehr dar. Die Beschreibung des aktuellen Stands der Technik gestaltet sich jedoch schwierig, da die zukünftige Entwicklung der Batterietechnologie derzeit nicht mit hinreichender Sicherheit prognostiziert werden kann, betont Engelbrecht.

2.4.2 Einfluss auf das Stromnetz

Durch die Dekarbonisierung des Verkehrssektors und die zunehmende Verbreitung der Elektromobilität steigt die Belastung der Verteilnetze. *„Die Hosting Capacity des Netzes wird immer geringer, und man braucht immer mehr Flexibilität, um den Netzausbau zu verzögern“*, erklärt Corinaldesi. Dies stellt insbesondere Netzbetreiber vor große Herausforderungen. Hausberger betont, dass die Infrastruktur entsprechend angepasst werden müsse.

Der zunehmende Ausbau erneuerbarer Energien und die Elektromobilität verändern den Lastfluss in den Netzen auf dezentraler Ebene. Aufgrund der Heterogenität der Verteilnetze in städtischen und ländlichen Gebieten, sind diese Veränderungen oft schwer steuerbar. Laut Hausberger muss der Netzausbau so gestaltet werden, dass er die Anforderungen von Peak Shaving und Lastmanagement bewältigen kann.

"Wenn Lasten nur lokal konzentriert sind, entstehen Probleme – entweder gibt es zu wenig Last oder zu viel. Daher müssen die Netze so umstrukturiert werden, dass Lasten effizient über größere Gebiete verteilt werden können." so Hausberger.

Die „enera Roadmap“, eine Systemstudie aus dem Jahr 2021 von (Vogel, et al., 2021), untersuchte die Auswirkungen eines aktiven Netzbetriebs auf die Netzausbauplanung von Mittel- und Niederspannungsnetzen in Deutschland. Die Verwendung und Stufung von regelbaren Ortsnetztransformatoren reduzieren die Netzausbaukosten gegenüber einem konventionellen Netzausbau um 12%. Unter Anwendung einer Spitzenkappung werden die Netzausbaukosten um 30% reduziert.

Des Weiteren hat eine Analyse des *Reiner-Lemoine-Instituts* von (Heider, Helfenbein, Schachler, Röpcke, & Hug, 2022) gezeigt, dass die Netzausbaukosten im Niederspannungsbereich durch optimierte Ladestrategien im Vergleich zum unkontrollierten Laden von Elektrofahrzeugen reduziert werden können. Die optimierte Ladestrategie reduziert die gesamten Netzausbaukosten um 59%, eine reduzierte Ladung um 57% und eine restlastbasierte Ladung um 5%.

Untersuchungen von (Märtz, Nickel, Jochem, & Fichtner, 2019) zeigen, dass eine steigende Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen Spannungen im Verteilnetz und die Transformatorauslastung beeinflusst. In städtischen Gebieten mit hoher BEV-Dichte können bereits wenige Ladevorgänge mit hoher Leistung in den Abendstunden zu Engpässen führen. "*Wenn viele gleichzeitig ihre Fahrzeuge laden, kann der Transformator überlastet werden, besonders in den Wintermonaten, wenn auch Heizsysteme wie Wärmepumpen laufen*", erklärt Engelbrecht. Er betont, dass nicht nur Steuerungsprotokolle, sondern auch ein intelligentes Netz auf allen Ebenen entscheidend seien, um diese Herausforderungen zu bewältigen. Die größte Herausforderung ist laut Engelbrecht die Umsetzung auf der untersten Netzebene.

Eine Metastudie des (FGH e.V., 2018) zur Netzintegration der Elektromobilität kommt zu dem Schluss, dass die Menge an gleichzeitig-ladenden BEV mit hoher Ladeleistung in einem Ortsnetz in Kombination mit der aktuellen Netzsituation (besonders zu Lastzeiten) entscheidend für mögliche kritische Netzbelastungen ist. Bis zu einem Elektrofahrzeuganteil von 30% treten bei netzdienlicher Steuerung grundsätzlich keine Probleme auf. Darüber hinaus kann es zu Mehrbelastungen in den Netzen kommen. Eine netzdienliche Steuerbarkeit ist daher entscheidend für eine erfolgreiche Netzintegration. Die Experten des AIT betonen, dass intelligentes und gesteuertes Laden entscheidend ist, um Netzengpässe zu vermeiden.

Im Rahmen des Forschungsprojekts „LEAFS“ unter der Leitung des (AIT Austrian Institute of Technology GmbH, 2019) mit Partnern aus Forschung, Industrie und Netzbetreibern wurde die Nutzung von Flexibilitäten im Niederspannungsnetz in vier Feldversuchen in der Steiermark, in Oberösterreich und in Salzburg untersucht und eine Methode zur Durchführung flächendeckender Netzberechnungen entwickelt. Es konnte gezeigt werden, dass der Netzausbaubedarf bei einem Vollrollout von Elektromobilität sehr hoch ausfallen wird. Je nach Ladeleistung und Gleichzeitigkeitsfaktor der Ladung aller Kunden in einem Netz müssen bis zu 80 % der bestehenden Niederspannungsnetze verstärkt werden. Es konnte auch gezeigt werden, dass durch relativ einfache Maßnahmen (Blindleistungsregelung bei PV-Anlagen, Regelung der Ladeleistung) der Netzausbaubedarf sichtbar gesenkt werden konnte. Teilweise wurde spannungsabhängige Reduktion der Ladeleistung bei Elektromobilität eine Reduktion von bis zu 50 % des Netzausbaubedarfs erreicht.

Die Studie „*Netzberechnungen Österreich*“, koordiniert von (Österreichs E-Wirtschaft, 2020) analysiert die Auswirkungen von Elektromobilität und Photovoltaik auf das österreichische Stromnetz. Die

Netzbetreiber gehen von einem österreichweiten Ziel-BEV-Bestand von rund fünf Millionen Fahrzeugen aus (entspricht in etwa dem aktuellen PKW-Fahrzeugbestand in Österreich) und setzen eine durchschnittliche Ladeleistung von 11 kW an. Zudem wird angenommen, dass etwa 20 % der Fahrzeuge gleichzeitig geladen werden, was eine zusätzliche Netzlast von etwa 3,3 GW erzeugt. Dabei wird davon ausgegangen, dass das Laden ohne Steuerungsmaßnahmen (gesteuertes Laden, tarifbasiertes Laden etc.) vor allem am späten Nachmittag oder Abend an privaten Heimpladestationen erfolgt. Im Bereich der Elektromobilität wurden zwei Szenarien durchgerechnet. Das Szenario „EV10“ geht davon aus, dass im Jahr 2030 zehn Prozent aller Autos in Österreich BEV sein werden, „EV30“ veranschlagt diesen Anteil auf 30 Prozent. Bei einer zusätzlichen Netzlast von etwa 3,3 GW ergibt sich im Szenario EV10 ein Zusatzbedarf von rund 0,9 Milliarden Euro. Im Szenario EV30 belaufen sich die Mehrkosten auf 4,3 Milliarden Euro. Insbesondere das Szenario EV30 verdeutlicht, dass eine hohe Konzentration von BEV in bestimmten Netzabschnitten die lokale Netzlast erheblich steigern und dadurch kostspielige zusätzliche Netzverstärkungen erforderlich machen könnte (Österreichs E-Wirtschaft, 2020).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es eine steigende Anzahl an Studien zur Flexibilitäten-Nutzung gibt, jedoch nur wenige der untersuchten Studien den Netzausbaubedarf quantifizieren können. In den Fällen, in denen dies erfolgt, ist die Aussage auf die ausgewählte Methodik bzw. Modelregion beschränkt. Obwohl diese Analysen teils unterschiedliche Aspekte und Netzebenen betrachten, deuten sie darauf hin, dass durch intelligente Ladestrategien und aktive Netzmaßnahmen potenzielle Einsparungen im Netzausbau möglich sind. Die genaue Höhe der Einsparungen hängt von zahlreichen Faktoren ab, einschließlich der spezifischen Netzstruktur, der lokalen Belastung, der Integration von unterschiedlichen Ladeinfrastrukturen und der Verbreitung von Elektrofahrzeugen sowie der fortschreitenden Elektrifizierung der Bedarfsseite (Raumheizung und -kühlung, Warmwasserbereitung und Mobilität, etc). Festgehalten wird, dass weiterhin Forschungsbedarf hinsichtlich einer repräsentativen Ermittlung des Netzausbaubedarfs besteht, um das Zusammenwirken unterschiedlicher, zuvor genannter Faktoren mit der künftigen Mobilitätsnutzung beurteilen zu können. Corinaldesi nennt in diesem Zusammenhang noch „*E-Mobilität für Redispatch*“, wo er und seine Kollegen vom AIT „*sehr viel Potenzial*“ erkennen.

2.4.2.1 Rolle und Zukunft der Ladeinfrastruktur

Die Ladeinfrastruktur ist entscheidend für die Nutzung von Flexibilitäten, da sie die Kommunikation zwischen Stromnetz, Fahrzeugen und Backend ermöglicht. Intelligente, vernetzte Ladestationen sind unerlässlich, um Energieflüsse effizient zu steuern und Ladeprozesse flexibel an die Anforderungen des Stromnetzes anzupassen. Reinhardt und Supper betonen, dass fortschrittliche Steuerungsalgorithmen und standardisierte Kommunikationsprotokolle die Grundlage für eine effiziente Nutzung von Flexibilitäten im Bereich der Elektromobilität bilden.

Moderne, intelligente Wallboxen, die direkt mit einem Backend verbunden sind, ermöglichen die flexible Steuerung der Ladeprofile und die optimale Nutzung der Batteriekapazitäten. Um das volle Potenzial auszuschöpfen, müssen alle Ladestationen entsprechend konnektiv sein. Stahleder weist jedoch auf die Herausforderung hin, dass derzeit konkurrierende Protokolle und Standards existieren.

Ein weiteres wichtiges Merkmal ist die bidirektionale Kommunikation, die die Integration von V2G-Technologien fördert. Laut Kral sind vernetzte Ladestationen, die bidirektionales Laden unterstützen, ein wesentlicher Bestandteil des Ökosystems, da sie die effiziente Steuerung von Lade- und Entladeprozessen und die Integration von Fahrzeugen ins Energiesystem ermöglichen. Die Kombination aus innovativen Ladekonzepten und einer leistungsfähigen Infrastruktur ist entscheidend, um die Flexibilitäten-Nutzung zu maximieren.

Die Ladeinfrastruktur muss zunehmend regional agieren, um Netzengpässe zu minimieren und Netzbetreiber zu unterstützen. Eugster hebt hervor, dass eine konnektive Wallbox im Backend integriert sein muss. Fast alle befragten Expertinnen und Experten betonen die zentrale Rolle der Ladeinfrastruktur für die Nutzung von Flexibilitäten, insbesondere das bidirektionale Laden zur Verbesserung der Netzstabilität und die technischen Herausforderungen wie Effizienz im Teillastbetrieb und Auswirkungen auf die Batterielebensdauer.

Ein besonderes Augenmerk liegt auf der Ladeinfrastruktur für den Schwerlastverkehr. Engelbrecht weist darauf hin, dass es in Österreich 2024 nur wenige Standorte gibt, an denen dauerhaft mehrere Megawatt (MW) an Ladestationen verfügbar sind, mit nur einem Standort, der dauerhaft 2 MW bietet. Das stellt die Frage nach den Aufwänden für das netzseitige Aufrüsten der österreichischen Hauptverkehrsachsen. Technologische Weiterentwicklungen und die Überwindung bestehender Herausforderungen werden entscheidend sein, um das volle Potenzial dieser Systeme zu realisieren.

2.4.2.2 Ausblick: Virtuelle Kraftwerke

Die Aggregation von Fahrzeugbatterien in Virtuellen Kraftwerken (VPPs) bietet laut Supper eine innovative Möglichkeit, große Energiemengen gebündelt bereitzustellen und gezielt für Netzstabilität oder Energieergänzung einzusetzen (siehe Abschnitt 2.2.2). Dies erfordert fortschrittliche Datenverarbeitungskapazitäten sowie eine nahtlose Kommunikation zwischen den Batterien und dem zentralen Steuerungssystem, um die großen Mengen an Echtzeitdaten effizient zu verarbeiten.

Reinhardt betont, dass VPPs durch die Bündelung von Speicherkapazitäten neue Wege für die Marktintegration von Flexibilitäten schaffen. Sie können als zentrale Akteure auf Energiemärkten Netzdienstleistungen anbieten und wirtschaftliche Vorteile generieren. Für eine erfolgreiche Umsetzung sind jedoch robuste Infrastrukturen und ein effektives Management der beteiligten Batterien erforderlich.

Laut Kral ermöglichen VPPs nicht nur die Stabilisierung des Netzes, sondern auch die Bereitstellung von Regelleistung und die Teilnahme am Stromhandel. Die ökonomischen und ökologischen Vorteile (Verweis 2.2 und 2.5) dieses Ansatzes machen VPPs zu einem bedeutenden Element moderner Energiedienstleistungen. Insgesamt heben drei der befragten Expertinnen und Experten hervor, dass die Aggregation von Batterien zu VPPs ein innovatives Konzept für die Nutzung von Flexibilitäten darstellt. Vier Expertinnen und Experten beschreiben VPPs als wichtigen Ansatz für Marktintegration und Netzstabilität.

Die Skalierbarkeit von Flexibilitäten-Nutzungssystemen ist eine zentrale Herausforderung für die Zukunft, denn die Integration großer Mengen von Fahrzeugbatterien in ein VPP erfordert die Verarbeitung riesiger Datenmengen in Echtzeit. Stahleder ergänzt: „*Es gibt vor allem in den Verteilnetzen [...] ab einer gewissen Zahl von Elektrofahrzeugen, sehr abhängig vom Verteilnetz, auch Grenzen*“. Laut dem Experten ist deswegen „*das gesteuerte Laden sehr wichtig*“. Eine Software-Infrastruktur, die in der Lage ist, mehrere Millionen Fahrzeugbatterien zu verarbeiten, ist laut E-VO notwendig. Dies erfordert erhebliche Investitionen sowie technologische Fortschritte in den Bereichen Datenverarbeitung und -speicherung. Laut Engelbrecht wird „*jetzt überall künstliche Intelligenz und Vernetzung eine Rolle spielen*“. Ein Beispiel von CyberGrid veranschaulicht die Marktentwicklung, indem ein Ladepunkt mit 10 kW bei Skalierung auf 1000 oder mehr Fahrzeuge signifikante Leistungskapazitäten freisetzen kann, die auf dem Energiemarkt genutzt werden (siehe Abbildung 3). Vier der befragten Expertinnen und Experten betonen die Herausforderungen der Skalierbarkeit und Datenverarbeitung, wenn eine Vielzahl von Batterien in das Energiesystem integriert wird. Drei Expertinnen und Experten sprechen explizit die Schwierigkeiten bei der Skalierbarkeit und der Integration großer Fahrzeugbatteriemengen an.

2.5 Ökologische Einflussfaktoren

Der Verkehrssektor zählt zu den Hauptverursachern für Treibhausgasemissionen. Dabei ist der höchste Anteil der Emissionen im Verkehr auf den Straßenverkehr und hier insbesondere auf den PKW-Verkehr zurückzuführen (Umweltbundesamt Gesellschaft mit beschränkter Haftung (UBA-GmbH), o.D.). Im Jahr 2023 entfielen etwa 34% des gesamten Endenergieverbrauchs Österreichs auf den Transportsektor, was 345 Petajoule entspricht (Statistik Austria, 2025). Zudem ist der Verkehrssektor für einen erheblichen Anteil der Treibhausgasemissionen verantwortlich. Seit 1990 haben die Emissionen in diesem Bereich um etwa 48% zugenommen. Im Jahr 2023 wurden im Verkehrssektor rund 19,8 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent emittiert (Glatt, Heinfellner, & Stranner, 2024).

Der Umstieg auf mehr Elektromobilität stellt daher einen zentralen Baustein für die Erreichung der Klimaziele dar. Betrachtet man die aktuellen normativen Entwicklungen, die Verkaufsziele der Automobilbranche sowie die Fortschritte bei Batterien und Reichweiten, wird deutlich, dass die Elektromobilität mittel- bis langfristig an Bedeutung gewinnen wird.

Das im Kapitel "Politische Einflussfaktoren" angeführte Programm „Fit for 55“ der EU umfasst eine Reihe von Maßnahmen, die darauf abzielen, die Emissionen in der EU bis 2030 um 55 % im Vergleich zu 1990 zu senken (Europäischer Rat, 2025). Im Bereich der Mobilität sieht das Programm vor, ab 2035 nur noch emissionsfreie Fahrzeuge neu zuzulassen und die E-Ladeinfrastruktur entlang großer Verkehrsstraßen auszubauen, sodass alle 60 Kilometer eine Lademöglichkeit verfügbar ist (derzeit noch in Diskussion).

Österreich hat die Ziele der EU nicht nur übernommen, sondern in einigen Bereichen weiter verschärft. Österreich strebt an, bis 2030 bilanziell 100 % des Strombedarfs aus erneuerbaren Energiequellen zu decken (Bundeskanzleramt der Republik Österreich, 2025). Zudem sollen nach aktuellem Stand ab 2027 keine Neuzulassungen von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor für die öffentliche Beschaffung mehr möglich sein (EUROPÄISCHES PARLAMENT, 2019). Der Klima- und Energiefonds hat in einem breiten Rechercheprozess unter Einbezug internationaler Expertinnen und Experten und gemeinsam mit dem Open Innovation-Spezialisten „winnovation“ und der Forschungsinitiative Green Energy Lab das Thema gesteuertes und bidirektionales Laden als wichtiges Zukunftsfeld für eine geringere CO₂-Intensität im Energiesektor identifiziert.

Gemäß den durchgeführten Experteninterviews ergibt sich ein ökologischer Vorteil der Flexibilitäten-Nutzung in der Reduktion von CO₂-Emissionen. Durch die bidirektionale Nutzung von Fahrzeugbatterien kann überschüssige erneuerbare Energie aus Solar- oder Windstrom in Zeiten günstiger Produktion gespeichert und in Spitzenlastzeiten zur Verfügung gestellt werden. Dies reduziert die Abhängigkeit von fossilen Kraftwerken, die ansonsten in Zeiten hoher Nachfrage eingesetzt werden müssten. Intelligente Ladestrategien, wie das Smart Charging, spielen hierbei eine wichtige Rolle, da sie Ladevorgänge dynamisch an Netzanforderungen und Strompreisschwankungen anpassen. Diese Technologien verhindern Netzengpässe und tragen zur Netzstabilität bei, wodurch Energieverluste vermieden werden.

2.5.1 Ökologische Herausforderungen durch Batteriespeicher

Jedoch sind mit der zunehmenden Integration von Elektrofahrzeugen auch Herausforderungen verbunden, insbesondere im Bereich der nachhaltigen Batterieproduktion und des Recyclings. Angesichts der steigenden Nachfrage nach Elektrofahrzeugen müssen ressourcenschonende Produktionsverfahren etabliert und geschlossene Materialkreisläufe entwickelt werden, um den ökologischen Fußabdruck zu minimieren. Eine verlängerte Lebensdauer der Batterien durch optimierte Lade- und Entladetechnologien ist hier essenziell, um die Umweltbelastung weiter verringern zu können.

Auch die Wiederverwendung alter Batterien, beispielsweise in stationären Speichern, reduziert den Bedarf an neuen Ressourcen, stellt aber Anforderungen der Standardisierung. Diese sogenannten Second-Life-Batteriespeicher bieten einen wertvollen Ressourcenpool, auch wenn sie das Ende ihrer Nutzungsdauer im Fahrzeug erreicht haben. Die Fähigkeit, Energie zu speichern und abzugeben, bleibt weit über die Erstnutzung in Fahrzeugen hinaus bestehen. Die potenziellen Anwendungsbereiche reichen von Privathaushalten (z.B. Eigenverbrauchsoptimierung) über Industrielösungen (z.B. Lastmanagement) bis zu Netzdienstleistungen (Netzspeicher zur Primärregelleistung, etc.). In einem gemeinsamen Forschungsprojekt der Grazer Energie-Agentur, Smart Power, AVL, AVL DiTest, Energie Steiermark, green energy lab und Saubermacher wurde im Rahmen der FTI-Initiative „Vorzeigeregion Energie“ ein Pilotprojekt am Recyclingstandort Premstätten durchgeführt, dass Strom aus gebrauchten Autobatterien für den Eigenbedarf nutzt und damit seine Spitzenlast abdecken kann (Green Energy Lab, 2024).

Zudem sei erwähnt, dass der Klimawandel den Flexibilitätsbedarf im Stromsystem beeinflusst. Durch die Zunahme von Extremwetterereignissen wie Hitzewellen, Hochwasser, aber auch Dunkelflauten erhöht sich der Flexibilitätsbedarf erheblich, da die Erzeugung in solchen Zeiten stark volatil ist. Besonders in Jahren mit extremen Wetterbedingungen wird der Ausbau von Speicherkapazitäten unerlässlich, um die Erzeugungsschwankungen auszugleichen.

Die befragten Expertinnen und Experten erläutern unisono, dass die Integration von Elektrofahrzeugen für eine bessere Flexibilitäten-Nutzung nicht nur technologisch innovative Lösungen bieten, sondern auch weitreichende ökologische Vorteile, die wesentlich zur Nachhaltigkeit der Elektromobilität und der Energiewende beitragen. Es wird jedoch auch angeführt, dass der reine ökologische Vorteil nicht das Hauptargument für den Kauf eines Elektrofahrzeuges bzw. für die Nutzbarmachung des Speichers ausschlaggebend sein wird, sondern in erster Linie die daraus resultierenden Geschäftsmodelle inklusiver monetärer Kostenvorteile wie in Abschnitt 3.2 beschrieben.

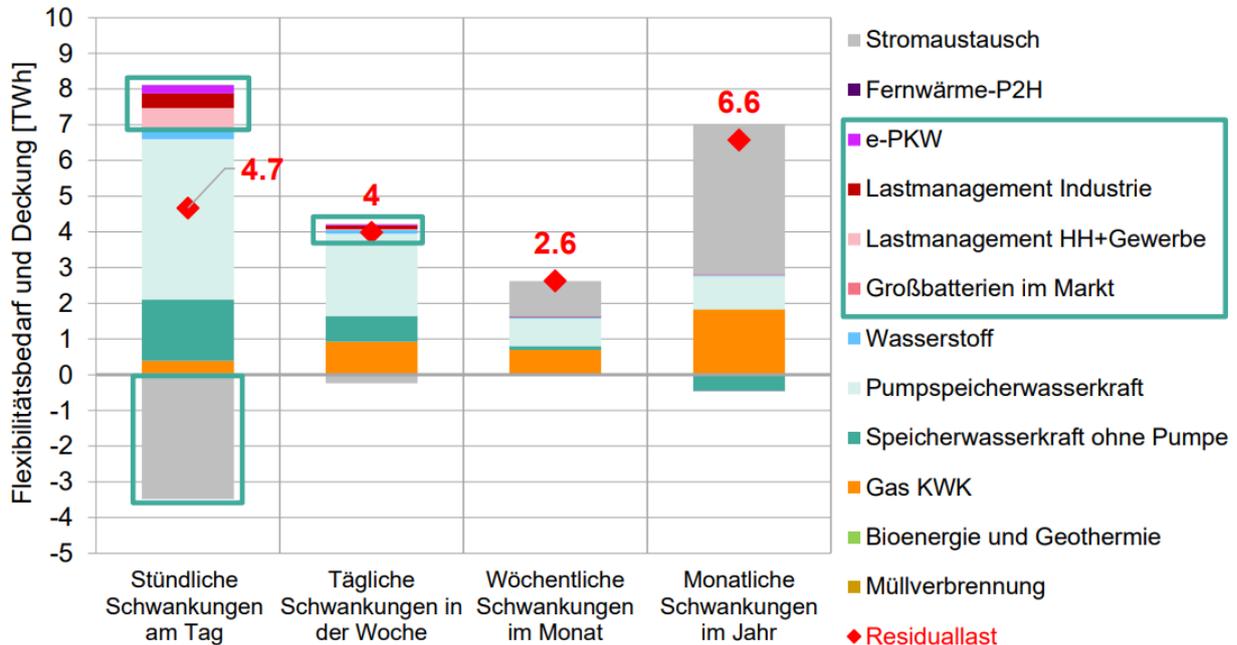
2.5.2 Ökologisches Einsparungspotential Flexibilitäten-Nutzung (Erzeugung)

Das Austrian Institute of Technology (AIT) befasst sich eingehend mit der Rolle dezentraler Flexibilität im österreichischen Stromnetz, insbesondere im Hinblick auf den Netzausbau und dessen Einsparpotenziale. Dabei wird betrachtet, wie die Integration dezentraler Flexibilität zur Reduzierung der Notwendigkeit für umfangreiche Netzausbaumaßnahmen beitragen kann, was im Rahmen der österreichischen Energiewende und der Erreichung der Klimaziele von zentraler Bedeutung ist.

Ein wesentlicher Vorteil der dezentralen Flexibilitäten-Nutzung besteht darin, dass durch Aggregation und systematische Nutzung von Heimspeichern, Klimatisierung/Lüftung, Wärmepumpen und Elektrofahrzeugen der Bedarf an weiterem Netzausbau reduziert werden kann. Besonders auf niedrigen Netzebenen (Netzebene 5 bis 7), wo kleinere Akteure wie Haushalte und Unternehmen agieren, ergibt sich in den nächsten Jahren ein starker Zuwachs an Flexibilitätspotentialen. Dies führt zu einer

Trendanalyse: Flexibilitäten-Nutzung in der Elektromobilität

Stabilisierung des Stromnetzes und ermöglicht gleichzeitig eine Kostenersparnis bei der Netzplanung und -vergrößerung. (Schöniger & Esterl, 2024).



Quelle: Flexibilitätsangebot und –nachfrage im Elektrizitätssystem Österreichs 2020/2030 (2022). Eine Studie von AIT, TU Wien & FfE im Auftrag der E-Control.

Hierbei spielt auch die Marktintegration dezentraler Flexibilität eine zentrale Rolle, da diese Flexibilität effizient in den bestehenden Energiemarkt integriert werden muss. Ein wichtiger Schritt in diese Richtung sind Energiegemeinschaften, die zunehmend eine Rolle im österreichischen Energiesystem spielen. Diese Gemeinschaften nutzen erneuerbare Energiequellen und Speichertechnologien, um ihre Flexibilität zu optimieren und gleichzeitig zur Netzstabilität beizutragen. Die Marktintegration solcher Energiegemeinschaften stellt jedoch noch eine Herausforderung dar, da ihre Beteiligung an Regulenergiemärkten in Österreich bislang noch nicht vollständig realisiert ist.

Zudem bewirken erhöhte Strompreise oder neue Netztarife eine stärkere Koordination zwischen verschiedenen Akteuren, um das volle Potenzial der dezentralen Flexibilität auszuschöpfen. Langfristig können hier neue und innovative Geschäftsmodelle und steuerbare Technologien entwickelt werden, um den Flexibilitätsbedarf bestmöglich zu nutzen.

Zusammenfassend kann bestätigt werden, dass die Flexibilitäten-Nutzung dazu beitragen, dass Speicherkapazitäten von Elektrofahrzeugen sowohl fahrzeug- als auch netzseitig optimal in Zeiten der Volatilität genutzt werden können, insbesondere aufgrund des wachsenden Anteils erneuerbarer Energien im Strommix.

2.5.3 Ökologisches Einsparungspotential Flexibilitäten-Nutzung (Beispiel BEVs)

Auf dem Weg zu einem 100 % erneuerbaren Stromsystem (Ziel 2030) kann die Nutzung von Flexibilitäten einen Beitrag zur Integration erneuerbarer Energien leisten. Im nachfolgenden Beispiel wird in Anlehnung an Abschnitt 2.2.1 ein theoretisches Einsparungspotenzial durch die Flexibilitäten-Nutzung von BEV berechnet.

Ausgangsdaten und Annahmen

- Verfügbare Energie aus BEV-Speichern: 11,6 GWh pro Tag (d.h. diese Energiemenge kann einmal täglich aus den Fahrzeugbatterien ins Netz gespeist werden)
- Verfügbare Leistung aus BEV-Speichern: 3,4 GW (theoretische maximale V2G-Abgabeleistung).
- Aktueller Strommix und Emissionsfaktor: Im österreichischen Strommix 2022 wurden durchschnittlich etwa 112,2 g CO₂ pro kWh emittiert (bedingt durch einen fossilen Anteil von rund 25–33 %). Dieser Wert stammt aus dem Stromkennzeichnungsbericht 2022 (Datenbasis 2021–2022) der E-Control. Zum Vergleich: 2021 lag der Ökostrom-Anteil bei rd. 85 %, entsprechend nur rd. 57 g CO₂/kWh. 2022 sank der Öko-Anteil (physisch sogar nur rd. 67 % Erneuerbare), was den Emissionsfaktor auf ca. 112 g/kWh ansteigen ließ.
- Ziel 2030: Der gesamte Stromverbrauch soll bis 2030 bilanziell zu 100 % aus erneuerbaren Energien gedeckt werden. Damit würden fossile Kraftwerke weitgehend ersetzt, und der Strommix wäre nahezu CO₂-frei.

Aus der täglichen verfügbaren Energiemenge von 11,6 GWh ergibt sich unter der Annahme, dass an jedem Tag die volle 11,6 GWh aus den BEVs ins Netz eingespeist werden, rund 4,23 TWh pro Jahr (11,6 GWh/Tag x 365 Tage). Größenordnungsmäßig entspricht 4,23 TWh etwa dem jährlichen Stromverbrauch von über 1 Mio. Durchschnittshaushalten bzw. etwa 6–7 % des österreichischen Jahresstromverbrauchs (zum Vergleich: Österreichs Bruttostromverbrauch liegt bei ca. 70 TWh/Jahr).

Wird die berechnete Energiemenge aus 100 % erneuerbarem Strom bereitgestellt (z.B. tagsüber Überschuss-Solarstrom in Autobatterien laden und abends ins Netz zurückspeisen), können entsprechend kalorische Kraftwerke eingespart werden. Im Idealfall (ohne Verluste) ersetzt jede ins Netz zurückgespeiste kWh aus den Batteriespeichern eine kWh aus fossiler Erzeugung. Auf Basis des aktuellen Emissionsfaktors (112,2 g CO₂ pro kWh) ergibt sich eine maximale CO₂-Einsparung pro Jahr von rd. 475.000 Tonnen CO₂ (4,23 TWh x 112,2 g).

Die Nutzung der Flexibilitätspotenziale von BEVs bietet in Österreich damit ein beträchtliches theoretisches Einsparungspotenzial. V2G kann auf dem Weg zu einem 100 % erneuerbaren Stromsystem eine zentrale Rolle einnehmen, indem es kalorische Kraftwerke ersetzt und überschüssigen erneuerbaren Strom nutzbar macht. Technisch ist der Beitrag zur Netzstabilisierung und Dekarbonisierung realisierbar, praktisch aber an Bedingungen wie Fahrzeugverfügbarkeit, effiziente Technik sowie angepasste Netz- und Marktstrukturen gebunden.

Trotz realistischer Verluste gegenüber dem theoretischen Maximum zeigt sich, dass jede vermiedene Tonne CO₂ durch die Flexibilitäten-Nutzung von BEVs Österreich näher an seine Klimaziele bringen kann und die Unabhängigkeit von fossilen Energien weiter stärkt.

2.6 Rechtliche Einflussfaktoren

Die Flexibilitäten-Nutzung in der Elektromobilität unterliegt vielfältigen rechtlichen und regulatorischen Herausforderungen, die für eine flächendeckende und massenmarkttaugliche Integration adressiert werden müssen. Die Expertinnen und Experten thematisieren regulatorische Hürden, z. B. variable Tarife, Normen oder Abrechnungssysteme, die für die Skalierung und Marktintegration von Flexibilitäten wichtig sind.

Laut CyberGrid stellt die regulatorische Landschaft eine Herausforderung für die Flexibilitäten-Nutzung dar. Wichtige Aspekte sind die Regelung von Zählpunkten und Marktregeln, die den Zugang für neue Akteure erleichtern und gleichzeitig die Interessen bestehender Marktteilnehmer wahren.

Ein wesentlicher Teil der rechtlichen Rahmenbedingungen und Vorgaben betrifft die Integration von V2G und Vehicle to Home-Technologien für bidirektionales Laden. Entsprechend dem aktuell vorliegenden Begutachtungsentwurf regelt das EIWG künftig die Voraussetzungen für die Nutzung von Elektrofahrzeugen als Energiespeicher und für die Bereitstellung von Flexibilitätsleistungen. Es sieht Anreize für die Teilnahme von Endnutzerinnen und -Nutzern am Energiemarkt vor und ermöglicht eine breitere Nutzung von Fahrzeugbatterien zur Netzstabilisierung.

Im Bereich der Ladeinfrastruktur legt das künftige EIWG zudem die Anforderungen für den Netzanschluss von Ladestationen fest, wobei intelligente Steuerungssysteme und bidirektionale Ladefähigkeiten als zentrale Komponenten betrachtet werden. Dies ermöglicht nicht nur eine bessere Integration von Elektrofahrzeugen ins Stromnetz, sondern fördert auch die Nutzung erneuerbarer Energien durch zeitlich optimierte Ladevorgänge. (Parlament Österreich, 2024).

Die Einführung flexibler Stromtarife war ein wichtiger Schritt, um sowohl industrielle als auch private Verbraucher für künftige Markterfordernisse, darunter fällt künftig auch die Flexibilitäten-Nutzung, zu motivieren. Solche Tarife könnten die Teilnahmebereitschaft erhöhen, indem sie finanzielle Vorteile für Nutzerinnen und Nutzer schaffen. Jedoch gibt es laut Reinhardt noch Anpassungsbedarf bei der Nutzung des geladenen Stroms. Beispielsweise könnte das Laden eines BEV am Firmenstandort und die anschließende Nutzung des Stroms zu Hause oder zur Netzunterstützung rechtliche und steuerliche Probleme („Stromdiebstahl“) aufwerfen. Hier bedarf es einer klaren Zuordnung der Energieflüsse, beispielsweise über Smart Meter. Auch die Definition von Verrechnungspunkten stellt eine weitere Herausforderung dar. Derzeit befinden sich diese häufig am Übergabepunkt zwischen öffentlichem und privatem Netz, was die Verrechnung von Energieflüssen innerhalb eines Unternehmens oder Haushalts erschwert. Eine Neudefinition, etwa durch Verlagerung des Verrechnungspunkts in das Fahrzeug oder die Ladestation, könnte mehr Transparenz schaffen. Dies ist insbesondere relevant für größere Fuhrparks, bei denen innerbetriebliche Energiebewegungen derzeit kaum energiewirtschaftlich erfasst werden können.

Eine harmonisierte Standardisierung ist essenziell, um die Interoperabilität zwischen Fahrzeugen und Ladeinfrastruktur zu gewährleisten. Protokolle wie ISO 15118-20 und OCPP bieten eine Grundlage, jedoch sind die Implementierung und Marktakzeptanz für einen Rollout skalierbarer Lösungen noch unzureichend (DIN, 2022).

2.6.1 Regulatorische Rahmenbedingungen, Normen und Marktintegration

Die regulatorischen Rahmenbedingungen, insbesondere die Technischen und Organisatorischen Regeln (TOR) gemäß § 22 Z 2 E-ControlG (Energie-Control Austria für die Regulierung der Elektrizitäts- und Erdgaswirtschaft (E-Control), 2024), sind laut AIT-Experten essenziell für die Flexibilitätsnutzung in der Elektromobilität. Funktionen wie Ladeleistungssteuerung werden benötigt, um die Netzstabilität sicherzustellen. E-Control und andere Organisationen entwickeln Normen, die den Einsatz konformer Ladestationen gewährleisten sollen.

Eine wesentliche regulatorische Herausforderung liegt in der Einführung flexibler Abrechnungssysteme, die mehrere Akteure einbinden. E-VO hebt hervor, dass zusätzliche Verrechnungspunkte in Fahrzeugen oder Ladestationen nötig sind, um den Batterienutzungsgrad energiewirtschaftlich zu erfassen. Zudem werden variable Tarife diskutiert, um private Nutzerinnen und Nutzer an Strompreisschwankungen und Marktveränderungen zu beteiligen.

2.6.2 Richtlinie für Netzwerk- und Informationssysteme (NIS2)

Die NIS2-Richtlinie der Europäischen Union, die am 17. Oktober 2024 in Kraft getreten ist, zielt darauf ab, das allgemeine Niveau der Cybersicherheit zu erhöhen.

Im Bereich der Elektromobilität ist hier insbesondere die E-Ladeinfrastruktur betroffen, die an der Schnittstelle der kritischen Sektoren Energie und Transport operiert. Gemäß NIS2-Richtlinie wird E-Ladeinfrastruktur als kritische Infrastruktur eingestuft. Ladenetzwerke basieren auf digitalen Plattformen zur Verwaltung von Ladestationen und Abrechnung, was sie besonders anfällig für Cyberangriffe macht. Daher sind Betreiber von E-Ladeinfrastruktur verpflichtet, strengere Sicherheitsmaßnahmen zu implementieren.

Hinsichtlich der Flexibilitäten-Nutzung von Elektrofahrzeugen, wie beispielsweise V2G-Technologien, könnten die erhöhten Sicherheitsanforderungen der NIS2-Richtlinie dazu führen, dass zusätzliche Sicherheitsprotokolle und -maßnahmen implementiert werden müssen, um potenzielle Cyberbedrohungen zu minimieren.

V2G setzt eine permanente, sichere Kommunikation zwischen Fahrzeug, Ladesäule und Netzbetreiber voraus und verarbeitet dabei sensible Echtzeitdaten. Diese Konnektivität schafft neue potenzielle Angriffsflächen, weshalb die NIS2-Richtlinie ein strenges Daten- und Sicherheitsmanagement verlangt. Da V2G mehrere Akteure wie Fahrzeughersteller, E-Ladeinfrastrukturbetreiber, Energiedienstleister, IT-Dienstleister und Netzbetreiber umfasst, sind alle Beteiligten für die Sicherheit der Gesamtarchitektur verantwortlich – d.h., jeder Teilnehmer muss nachweislich die IT-Sicherheitsanforderungen erfüllen. Das erhöht Koordinationsaufwand und die vertragliche Komplexität, könnte aber langfristig das Vertrauen der Nutzerinnen und Nutzer bei der Zurverfügungstellung von Flexibilitäten stärken.

2.6.3 Datenschutz

Datenschutz ist ein wichtiger Aspekt bei der Flexibilitätsnutzung in der Elektromobilität. Die Erhebung und Verarbeitung von personenbezogenen Daten bringt erhebliche Herausforderungen mit sich, da einerseits sehr viele Beteiligte (Benutzerinnen und Benutzer, Netzbetreiber, Hersteller, etc.) involviert sind und andererseits große Mengen sensibler Daten erfasst und verarbeitet werden müssen. Diese Daten betreffen nicht nur technische Informationen über die Fahrzeuge und Ladevorgänge, sondern auch persönliche Daten der Nutzerinnen und Nutzer, wie Ladeorte, Ladezeiten und Energienutzungsprofile. Diese Informationen könnten Rückschlüsse auf die Mobilitätsgewohnheiten der Nutzerinnen und Nutzer und ihre Aufenthaltsorte ermöglichen, was Datenschutzrisiken birgt.

Eine spezifische Problematik ergibt sich durch die Kommunikation zwischen Fahrzeugen, Ladeinfrastruktur und Backend-Systemen. Diese erfordert eine kontinuierliche Datenübertragung, die gegen Cyberangriffe und unbefugten Zugriff abgesichert sein muss. Insbesondere zentral gespeicherte Daten in Cloud-Systemen stellen ein potenzielles Risiko dar, da sie bei unzureichender Sicherung Ziel von Datenlecks oder Hackerangriffen werden können.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, bieten sich mehrere Lösungsansätze an. Ein wesentlicher Ansatz ist die Anonymisierung und Pseudonymisierung der Daten, um die Identität der Nutzerinnen und Nutzer zu schützen. Auch entsprechende Sicherheitsprotokolle (z.B: End-to-end-Verschlüsselung), sichere Authentifizierungsmechanismen oder dezentrale Ansätze wie die Anwendung von Blockchain-Technologien könnten eingeführt werden, um die Datenübertragung und -speicherung zu schützen.

Es ist auch zu überlegen, ob eine Integration von Datenschutzerfordernungen in bestehende Standards wie der ISO 15118-20 sinnvoll ist, um Datenschutzerfordernungen erfüllen zu können.

Letztendlich ist es wichtig, dass neben der technischen Sicherheit und der rechtlichen Klarheit auch die entsprechende Nutzerfreundlichkeit und Transparenz gegeben ist, um das Vertrauen der Nutzerinnen und Nutzer zu stärken und eine breite Akzeptanz zu fördern.

3 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

Als Ergebnis der Trendanalyse ergibt sich ein ganzheitlicher Blick auf die Thematik aus unterschiedlichen Perspektiven unter Anwendung des PESTEL-Frameworks. Neben der Zusammenfassung sind zu jeder Dimension abgeleitete Handlungsempfehlungen angegeben, die in den kommenden 1-2 Jahren erfolgen sollten, um die größten Effekte zur Diffusion der Technologie zu erzielen. Diese sind in Tabelle 3 abschließend zusammengefasst.

Für die **politische Dimension** lässt sich zusammenfassend festhalten, dass die grundlegenden politischen Rahmenbedingungen auf EU-Ebene geschaffen wurden. Die nationale Politik ist nun gefordert, diese Vorgaben – insbesondere durch die Umsetzung des EIWG, sowie der Maßnahmen aus der AFIR – in nationales Recht zu überführen. Darüber hinaus kommt der Politik eine zentrale Rolle bei der Moderation und der Schaffung eines Ausgleichs zwischen den unterschiedlichen Interessenlagen der beteiligten Marktteilnehmer zu. Diese Einschätzung wird auch weitgehend von den befragten Expertinnen und Experten geteilt. Ein Schwerpunkt muss bis Anfang 2026 auf dem strukturierten Dialog mit Politik und Regulatoren liegen, um klare Vergütungsmodelle für Flexibilität (z. B. Redispatch-E-Mobilität) zu verankern und so wirtschaftliche Anreize für V2G-Betreiber zu schaffen. Auf Basis der Experteninterviews lässt sich eine flächendeckende Umsetzung und Diffusion der Technologie, sowohl im kommerziellen als auch im privaten Bereich bis 2030 realisieren. Basierend darauf sollten die politischen Maßnahmen darauf abzielen, entsprechenden Technologien den notwendigen Rechtsrahmen zu bilden und dem Markt die erforderliche Vorlaufzeit zur Schaffung von entsprechenden Geschäftsmodellen zu gewährleisten.

Für die **ökonomische Dimension** hat die Untersuchung ergeben, dass die flächendeckende Einbindung von Prosumenten, nur durch einen finanziellen Anreiz geschaffen werden kann. Der ökonomische Mehrwert für EndverbraucherInnen bei der Einbindung ihres Elektrofahrzeuges in das Stromnetz, konnte mit einem geldwerten Vorteil i.H.v. jährlich € 250,00 beziffert werden. Dieses Einsparungspotenzial unterstützt die Aussage der Expertinnen und Experten, wonach ein geldwerter Vorteil essenziell ist, damit Prosumer ihre Fahrzeuge für die Flexibilitäten-Nutzung zur Verfügung stellen. Dieser monetäre Anreiz sollte entsprechend der Empfehlung der Expertinnen und Experten einerseits durch den Netzbetreiber auf Basis der Netzentlastung erfolgen, sowie andererseits durch den Energiehandel, der diese Flexibilitäten als Asset aktiv vermarktet und daraus die Wertschöpfung generiert.

Sozio-kulturell betrachtet, erfordert Flexibilitäten-Nutzung nicht nur technologische Innovationen, sondern auch gesellschaftliche Akzeptanz und Verhaltensänderungen. Vertrauen in Technologie, finanzielle Anreize, Benutzerfreundlichkeit und transparente Kommunikation sind entscheidend, um Bedenken zu adressieren und die Teilnahmebereitschaft insbesondere im privaten Bereich zu erhöhen. Gleichzeitig müssen soziale Aspekte wie Leistbarkeit und Teilhabemöglichkeiten berücksichtigt werden. Als Fazit für den Sozio-kulturellen Einflussbereich ist es wichtig, dass Fahrzeughersteller den Nutzerinnen und Nutzern Sicherheiten im Falle der Einbindung ihrer Fahrzeuge in den Flexibilitätsmarkt gewährleisten. Zudem sollten bspw. ab Q3 2025 über umfassende Informationskampagnen und Workshops für (End-)Kundinnen- und Kunden, aber auch Flottenmanagerinnen und -Manager Bedenken (z.B. Batteriedegradation moderner Batterien) aus dem Weg geräumt werden. Dabei sollen Chancen der Technologie, wie z.B. Umweltschutz durch CO₂-Einsparungen, verringerten Strom-Infrastruktur-Ausbau, oder auch monetäre Anreize aufgezeigt werden. Das soll Vertrauen in die Technologie zu stärken.

In Bezug auf die **technologische Dimension** lässt sich zusammenfassend feststellen, dass bidirektionales Laden zwar die Komplexität und damit auch die Kosten von Batteriespeichersystemen und batterieelektrischen Fahrzeugen erhöht, gleichzeitig, aber entscheidende Potenziale für Netzstabilität und Flexibilisierung bietet. Die befragten Expertinnen und Experten sind sich einig, dass zwar grundlegende Standards, wie beispielsweise das OCPP-Protokoll, bereits definiert sind, jedoch bestehende Herausforderungen – etwa durch individuelle Auslegungen und proprietäre Lösungen – die Interoperabilität beeinträchtigen und somit einer flächendeckenden Umsetzung entgegenstehen. Insgesamt zeigt sich, dass die erforderlichen Technologien und Standards grundsätzlich vorhanden sind. Die Verbreitung dieser Technologien wird jedoch derzeit insbesondere durch andere Einflussdimensionen, wie ökonomische, politische und rechtliche Rahmenbedingungen sowie die soziokulturelle Akzeptanz, maßgeblich eingeschränkt. Um diese Potenziale zu realisieren, sollten im nächsten Schritt gezielt Lead-User-Pilotprojekte mit großen Flottenbetreibern (z. B. Logistikunternehmen oder Car-Sharing-Anbietern) gestartet werden, damit noch im Jahr 2025 erste V2G-Testfelder eingerichtet und bis Mitte 2026 ausgewertet werden können. Parallel dazu ist es notwendig, bis Q4 2025 eine bereichsübergreifende Arbeitsgruppe aus OEMs, Hardware- und Softwareherstellern, Ladeinfrastruktur-Anbietern und Normungsgremien zu gründen, um OCPP und ISO 15118-20 zu harmonisieren und so die das Zusammenspiel der Technologien sicherzustellen. Mit 2025 sollten Förderaufrufe für adaptive Lade- und Steuerungsalgorithmen initiiert werden, um sowohl dezentrale als auch zentrale Konzepte in Prototypen zu überführen; diese Entwicklungen könnten bis Ende 2026 marktreife Ansätze hervorbringen, die Lastspitzen glätten und die Batterielebensdauer optimieren.

Die **ökologische Dimension** zeigt, dass die Elektromobilität einen entscheidenden Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasemissionen leisten kann, insbesondere durch die Nutzung von Flexibilitätpotenzialen batterieelektrischer Fahrzeuge (BEVs). Allein durch die tägliche Einspeisung von 11,6 GWh aus BEV-Speichern können in etwa 6-7% des österreichischen Jahresstromverbrauchs, und ein theoretisches CO₂-Einsparungspotenzial von rund 475.000 Tonnen, realisiert werden.

Die Flexibilitäten-Nutzung in der Elektromobilität wird durch **rechtliche und regulatorische Anforderungen** maßgeblich geprägt, insbesondere im Hinblick auf Marktintegration, Cybersicherheit und Datenschutz. Neue gesetzliche Rahmen wie das EIWG und die NIS2-Richtlinie, sowie die Notwendigkeit harmonisierter Standards schaffen Chancen, erhöhen aber auch die Komplexität für alle Marktteilnehmerinnen und Marktteilnehmer. Datenschutz, sichere Kommunikation und transparente Abrechnungssysteme sind zentrale Voraussetzungen, um Vertrauen zu schaffen und die massentaugliche Integration flexibler Lösungen zu ermöglichen.

Trendanalyse: Flexibilitäten-Nutzung in der Elektromobilität

Tabelle 3: Handlungsempfehlungen pro Dimension und Zeithorizont für Umsetzung (eigene Darstellung)

Untersuchte Dimension	Abgeleitete Handlungsempfehlung	Zu erwartende Effekte	Empfohlener Zeithorizont
Politisch	Dialog mit Politik/Regulatoren über Vergütung und Anreize sowie Rahmenbedingungen für Flexibilität	Klare Rahmenbedingungen und finanzielle Anreize für V2G-Betreiber, Wirtschaftliche Attraktivität von V2G, schnellere Marktdurchdringung	Bis Q1 2026
	Aktive Einbeziehung der Marktteilnehmer im Zuge des Gesetzgebungsprozesses durch Branchenmeetings	Informationstransparenz unter allen Stakeholdern und 360° Beleuchtung der Gesamthematik. Beschleunigte Diffusion zu erwarten.	Bis Q2 2026
Ökonomisch	Aktive Kommunikation ökonomischer Leitlinien für Handel & Vertrieb	Auf Basis rechtlicher Rahmenbedingungen liegt die Basis für eine Monetarisierung vor	Bis Q2 2026
	Bezifferung der Einsparpotenziale durch Flexibilitäten-Nutzung in der Strom-Netzinfrastruktur	Transparenz durch Bezifferung des volkswirtschaftlichen Einsparpotenzials	Bis Q1 2026
Sozio-kulturell	Informationskampagnen und Workshops für (End-)Nutzerinnen und Nutzer sowie Flottenmanagerinnen und -Manager	Verständnis für Chancen der Flexibilität und Minimierung von Bedenken (Batteriedegradation, Komplexität), Erhöhtes Vertrauen, niedrigere Hemmschwelle für Invest	ab Q3 2025, fortlaufend
Technologisch	Pilotprojekte (Lead-User): Kooperation mit großen Flottenbetreibern (Logistik, Car-Sharing) für erste V2G-Testfelder	V2G-Testfelder für bidirektionales Laden etablieren & praxisnahe Validierung technischer Konzepte	2025 – 2026
	Gründung bereichsübergreifenden Arbeitsgruppen zur Harmonisierung von OCPP und ISO 15118-20.	Einheitliche Protokolle und Handlungsempfehlungen, Höhere Interoperabilität, geringerer Implementierungsaufwand	2025 – 2026
	Förderaufruf für Forschungs- & Industriekooperationen zur Entwicklung adaptiver Lade-Algorithmen	Prototypen für dynamische Laststeuerung, Glättung von Lastspitzen, verbesserte Batterielebensdauer	2025 – 2026
Ökologisch	Bezifferung der Einsparpotenziale durch Flexibilitäten-Nutzung	Transparenz durch Bezifferung der potenziellen CO ₂ -Einsparung & Neubewertung des Netzausbaus.	Bis Q4 2025
Rechtlich	Beschlussfassung des EIWG	Ausrichtung des Marktes auf die im EIWG beschlossene Rechtsnorm und dadurch Rechtssicherheit und Planbarkeit für Marktteilnehmer.	Bis Q3 2025

4 Literaturverzeichnis

- AFIR . (13. September 2023). *VERORDNUNG (EU) 2023/1804 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 13. September 2023 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe und zur Aufhebung der Richtlinie 2014/94/EU* . Von <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1804> abgerufen
- AIT Austrian Institute of Technology GmbH. (2019). *Leafs - Integration of Loads and Electric Storage Systems into Advanced Flexibility Schemes for LV Networks*. Von <https://energieforschung.at/wp-content/uploads/sites/11/2020/12/leafs-eb-final.pdf> abgerufen
- Bundeskanzleramt der Republik Österreich. (27. April 2025). *Bundesgesetz über den Ausbau von Energie aus erneuerbaren Quellen (Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz – EAG)*. Abgerufen am 2025 von RECHTSINFORMATIONSSYSTEM DES BUNDES: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20011619>
- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. (2024). Nationaler Strategierahmen für Österreich. *In Erfüllung der Umsetzungsverpflichtung Österreichs der Verordnung (EU) 2023/1804 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. September 2023 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFIR) - Art 14*. Wien.
- Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. (2022). Sofortprogramm: Erneuerbare Energie in der Mobilität. *Eine Umsetzungsstrategie des Mobilitätsmasterplan 2030 für die Energiewende im Straßenverkehr*. Wien , Wien , Österreich : BMK .
- DIN, D. I. (Hrsg.). (Dezember 2022). DIN EN ISO 15118-20. Von <https://www.austrian-standards.at/de/shop/din-en-iso-15118-20-2022-12~p2646345> abgerufen
- EIWG. (10. Jänner 2024). *Bundesgesetz, mit dem ein Bundesgesetz zur Regelung der Elektrizitätswirtschaft (Elektrizitätswirtschaftsgesetz – EIWG)*. Wien .
- Energie-Control Austria für die Regulierung der Elektrizitäts- und Erdgaswirtschaft (E-Control). (2024). *Technische und Organisatorische Regeln für Betreiber und Benutzer von Netzen (TOR)*. Von <https://www.e-control.at/bereich-recht/tor> abgerufen
- Europäischer Rat. (17. März 2025). „Fit für 55“. Abgerufen am 27. April 2025 von <https://www.consilium.europa.eu/de/policies/fit-for-55/>
- EUROPÄISCHES PARLAMENT. (12. Juli 2019). Abgerufen am 27. April 2025 von EUR-LEX: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L1161&from=DE>
- FGH e.V. (2018). *Metastudie Forschungsüberblick Netzintegration Elektromobilität*. Von https://www.bdew.de/media/documents/20181210_Metastudie-Forschungsueberblick-Netzintegration-Elektromobilitaet.pdf abgerufen
- Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN) . (2024). *"Bidirektionales Laden"; Laden und Rückspeisen von Elektrofahrzeugen aus Sicht des Stromnetzes*. Berlin : VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationssicherheit e. V. .
- Fraunhofer ISE & Fraunhofer ISI. (2024). *Study on the "Potential of a full EV-power-systemintegration in Europe & how to realise it"*. Karlsruhe. Von

<https://www.transportenvironment.org/articles/batteries-on-wheels-the-untapped-potential-of-ev-batteries> abgerufen

Gabler *Wirtschaftslexikon*. (kein Datum). Von [https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/prosument-54019#:~:text=Prosumenten%20\(Prosumer\)%20sind%20Konsumenten%2C,anderer%20Blogger%20lesen%20und%20kommentieren.](https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/prosument-54019#:~:text=Prosumenten%20(Prosumer)%20sind%20Konsumenten%2C,anderer%20Blogger%20lesen%20und%20kommentieren.) abgerufen

Glatt, A., Heinfellner, H., & Stranner, G. (2024). *DETAILBERICHT ZUR NAHZEITPROGNOSE DER ÖSTERREICHISCHEN TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN DES VERKEHRS 2023*. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), Wien. Abgerufen am 27. April 2025 von <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0921.pdf>.

Green Energy Lab. (22. Oktober 2024). *Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „SecondLifeBatteries4Storage – Ein zweites Leben für gebrauchte Batterien aus dem E-Automobilsektor*. (V. F. Lab, Hrsg.) Von <https://greenenergylab.at/wp-content/uploads/2024/12/20241022-secondlifebatteries-results-factsheet-final.pdf> abgerufen

Hackmann, M., Knörzer, H., Pfeuffer, J., & Jeckel, P. (2024). *Batteriealterung in der Praxis: Analyse von über 7.000 Fahrzeugen gibt tiefe Einblicke in Batterielebensdauer und Fahrzeug-Restwert*. Stuttgart: P3 group GmbH. Von https://www.p3-group.com/wp-content/uploads/2024/11/P3_Whitepaper_SOH_.pdf abgerufen

Heider, A., Helfenbein, K., Schachler, B., Röpcke, T., & Hug, G. (2022). *On the Integration of Electric Vehicles into German Distribution Grids through Smart Charging*. Eindhoven: IEEE. doi:10.1109/SEST53650.2022.9898464

Hirschbichler, M. (12. Mai 2024). *aWATTar*. Von <https://www.awattar.at/> abgerufen

Märtz, A., Nickel, A., Jochem, P., & Fichtner, W. (2019). *Der Einfluss von E-Pkw auf Niederspannungsnetze*. Von https://iewt2019.eeg.tuwien.ac.at/download/contribution/fullpaper/181/181_fullpaper_20190201_171421.pdf abgerufen

Österreichs E-Wirtschaft. (2020). *Netzberechnungen Österreich*. Wien: Österreichs E-Wirtschaft. Von https://oesterreichsenergie.at/fileadmin/user_upload/Oesterreichs_Energie/Publikationsdatenbank/Studien/2020/2020.11_Studie_NetzberechnungenAT_PVundEV.pdf abgerufen

Parlament Österreich. (12. Jänner 2024). *Elektrizitätswirtschaftsgesetz, Energiearmuts-Definitions-Gesetz; Energie-Control-Gesetz, Änderung (310/ME)*. Von Parlament Österreich: <https://www.parlament.gv.at/gegenstand/XXVII/ME/310> abgerufen

Samm, F., Vopava-Wrienz, J., & Kienberger, T. (2025). Netzdienliches Laden von Elektroautos unter verschiedenen Tarifmodellen. 14. *Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien* (S. 15). Leoben: Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Energieverbundtechnik.

Schöniger, F., & Esterl, T. (15. November 2024). *ROLLE UND MÖGLICHKEITEN DEZENTRALER FLEXIBILITÄT*. (A. I. (AIT), Hrsg.) EICom Forum 2024. Abgerufen am 27. April 2025 von [https://www.elcom.admin.ch/dam/elcom/de/dokumente/2024/presentation-schoeniger.pdf.download.pdf/Pr%C3%A4sentation%20Franziska%20Sch%C3%B6niger,%20Austrian%20Institute%20of%20Technology%20\(AIT\),%20Wien.pdf](https://www.elcom.admin.ch/dam/elcom/de/dokumente/2024/presentation-schoeniger.pdf.download.pdf/Pr%C3%A4sentation%20Franziska%20Sch%C3%B6niger,%20Austrian%20Institute%20of%20Technology%20(AIT),%20Wien.pdf)

Trendanalyse: Flexibilitäten-Nutzung in der Elektromobilität

Statistik Austria. (2. April 2025). *Energiebilanzen*. Abgerufen am 27. April 2025 von Statistik Austria:
<https://www.statistik.at/statistiken/energie-und-umwelt/energie/energiebilanzen>

Umweltbundesamt Gesellschaft mit beschränkter Haftung (UBA-GmbH). (o.D.). *Treibhausgase*. Von Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.at/klima/treibhausgase> abgerufen

Vogel, M., Bauknecht, D., Flachsbarth, F., Koch, M., Wingenbach, M., Winger, C., . . . Weber, C. (2021). *Die enera Roadmap*. Freiburg. Von <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/enera-Roadmap.pdf> abgerufen

winnovation consulting gmbh; Forschungsinitiative Green Energy Lab. (2022). *Gesteuertes und bidirektionales Laden als Chance für die Energiewende* . Wien: Klima- und Energiefonds.

ÜBER DEN WORLD ENERGY COUNCIL AUSTRIA

Die **Energiesysteme** sind **weltweit in Bewegung**. Mehr als eine Milliarde Menschen haben keinen Zugang zu leitungsgebundener Energie. In den aufstrebenden großen Volkswirtschaften kann die Armutsschwelle nur mit einem Mehr an Energie übersprungen werden. Andererseits bedingt die international gewünschte **Reduktion des CO₂-Ausstoßes** einen Systemwechsel. Die europäische Energieszene wird dominiert durch die Formen und die Auswirkungen der Energiewende.

Seit **mehr als 100 Jahren** steht der **World Energy Council**, mit dem Sitz in London, an der vordersten Front der Energiediskussion und versteht sich als **weltweite Denkfabrik** und Aktionsfeld, um Energie für alle sicher zu stellen. Der World Energy Council ist eine **UNO akkreditierte Organisation** und umfasst mehr als 3.000 öffentliche und private Organisationen in **annähernd 80 Staaten**.

Alle großen **internationalen Player** auf dem Sektor der Energiewirtschaft und – politik sind Teil des Weltenergiesrates. Wissenschaftliche **Studien und Prognosen** bieten den Akteuren in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft die Informationen für zukunftsorientierte Entscheidungen. Im Vordergrund stehen die Interessen der Menschen und der Wirtschaft unseres Landes für eine **nachhaltige, effiziente und leistbare Energie**.

In Österreich sind maßgebende Unternehmen und Verbände Mitglied. Die nationale Organisation unterstützt **globale, nationale und regionale Energiestrategien** durch hochkarätige **Veranstaltungen** (alternative Mobilität, Energiewende, Energiespeicher), Studien und Rankings über die aktuelle Energiesituation im Konnex mit dem europäischen Umfeld. Querdialoge unter den Mitgliedsorganisationen und die Förderung von **Young Energy Professionals** sind ein wesentlicher Bestandteil.

Der **Nutzen für Mitglieder** liegt vor allem in folgenden Dienstleistungen des Weltenergiesrat Österreich:

1. Sicherung des Zuganges zu den Erkenntnissen des WEC, der einzigen **weltweiten Nicht-Regierungsorganisation**, die sich mit allen Fragen und Formen der Energie befasst.
2. Bereitstellung eines **Netzwerkes** mit nationalen und internationalen energiewirtschaftlichen Verbindungen.
3. Möglichkeit der aktiven Teilnahme an den energiewirtschaftlichen und statistischen **Arbeiten des WEC** und damit der aktiven Mitgestaltung von langfristigen strategischen Zielen.
4. Behandlung aktueller Fragen der Energiewirtschaft in den eigenen Gremien, in öffentlichen **Veranstaltungen** sowie durch Veröffentlichungen und damit Verbreitung von Fachwissen sowie Meinungsbildung in energiewirtschaftlichen und energiepolitischen Fragen.
5. Plattform für auf Konsens aufgebaute Lobbyingarbeit.

Impressum

Eigentümer (Medieninhaber) und Verleger:
World Energy Council Austria (WEC Austria)
A-1040 Wien, Brahmplatz 3
Tel.: +43-(0)1-5046986
Mail: office@wec-austria.at
Druck: Eigenvervielfältigung

© Copyright 2025 by WEC Austria

