

E-MAPP 2

E-Mobility – Austrian Production Potential, Qualification and Training needs

Studie 2020



AUFTRAGGEBER

Dieses Projekt wurde aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms »Zero Emission Mobility« durchgeführt.

AUTORINNEN UND AUTOREN

Fraunhofer Austria Research GmbH

Theresianumgasse 27
A-1040 Wien

Dipl.-Ing. Alessandro Sala
Marius Lütkemeyer MSc
Alexandra Birkmaier MSc
Dipl.-Ing. Stephan Martineau
Dipl.-Ing. Peter Schieder

Technische Universität Wien, Institut für Fahrzeugantriebe und Automobiltechnik

Getreidemarkt 9 / E-315
A-1060 Wien

Dipl.-Ing. Dr. Thomas Bruckmüller
Dipl.-Ing. Dr. Werner Tober

Smart Mobility Power GmbH

Singriergasse 4-6
A-1120 Wien

Dipl.-Ing. Heimo Aichmaier
Dipl.-Ing. Norbert Heinrich

Erscheinungsjahr: 2020

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Werk berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Soweit in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden ist, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.

Zur besseren Darstellung kann es bei Zahlenwerten in Grafiken zu geringen Abweichungen durch Rundungen kommen.

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	8
EXECUTIVE SUMMARY	14
1 AUF EINEN BLICK – KERNAUSSAGEN DER STUDIE	20
2 EINLEITUNG – STATUS QUO DER ELEKTROMOBILITÄT IN ÖSTERREICH	24
2.1 ROLLE DER ELEKTROMOBILITÄT FÜR DIE ERREICHUNG DER KLIMAZIELE	24
2.2 PROFIL DER ÖSTERREICHISCHEN AUTOMOBILINDUSTRIE	24
2.3 ZIELSETZUNG UND AUFBAU DIESER STUDIE	27
3 METHODISCHES VORGEHEN	29
3.1 TECHNOLOGISCHE ANALYSE – WERTSCHÖPFUNGS- UND BESCHÄFTIGUNGSPOTENZIALE	30
3.2 SOZIO-ÖKONOMISCHE ANALYSE – PERSONAL- UND QUALIFIZIERUNGSBEDARFE	42
3.3 »ZERO EMISSION MOBILITY« – HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN.....	46
4 WERTSCHÖPFUNGS- UND BESCHÄFTIGUNGSPOTENZIALE FÜR ÖSTERREICH	47
4.1 GESAMTENTWICKLUNG.....	47
4.2 ENTWICKLUNG DER WERTSCHÖPFUNG NACH ÖNACE-KLASSEN.....	49
4.3 KOMPONENTEN MIT DEN GRÖßTEN WERTSCHÖPFUNGS- UND BESCHÄFTIGUNGSPOTENZIALEN	51
4.4 WERTSCHÖPFUNGSEFFEKTE DURCH LADEINFRASTRUKTUR.....	57
5 PERSONAL- UND QUALIFIZIERUNGSBEDARFE FÜR DIE ELEKTROMOBILITÄT	61
5.1 AUSPRÄGUNG DES FACHKRÄFTEMANGELS UND AUSWIRKUNGEN	61
5.2 FACHKRÄFTEMANGEL NACH AKADEMISCHEN ABSCHLÜSSEN UND LEHRBERUFEN	65
5.3 QUALIFIZIERUNGS- UND SCHULUNGSBEDARFE NACH FUNKTIONSBEREICHEN.....	70
5.4 QUALIFIZIERUNGSHINDERNISSE AUS SICHT DER UNTERNEHMEN.....	73
6 IMPLIKATIONEN UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	75
6.1 ÖFFENTLICHE HAND.....	76
6.2 BILDUNGSEINRICHTUNGEN UND QUALIFIZIERUNGSANBIETER	79
6.3 INDUSTRIEUNTERNEHMEN.....	81
6.4 PRIORISIERUNG DER HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN.....	82
7 VERGLEICH DER ERGEBNISSE MIT AKTUELLEN ARBEITEN	86
8 AUSBLICK UND WEITERER FORSCHUNGSBEDARF	88
9 ANHANG	89
9.1 WERTSCHÖPFUNGSPOTENZIALE HAUPTKOMPONENTEN NACH ÖNACE-KLASSEN.....	89
9.2 ERLÄUTERUNGEN ZU BRANCHENGRUPPEN	94
10 REFERENZEN	96

ABBILDUNGEN

ABBILDUNG 1: STÜCKZAHLEN WELTWEIT VERKAUFTER PKW BIS 2030 NACH ANTRIEBSART [1], [2], [3], [4], [5], [6], [EIGENE BERECHNUNGEN]	9
ABBILDUNG 2: ÖSTERREICHISCHE WERTSCHÖPFUNGSENTWICKLUNG IN DER ELEKTROMOBILITÄT BIS 2030	10
ABBILDUNG 3: GLOBAL QUANTITY OF SOLD PASSENGER CARS [1], [2], [3], [4], [5], [6], [OWN CALCULATIONS]	15
ABBILDUNG 4: AUSTRIAN ADDED VALUE POTENTIAL	16
ABBILDUNG 5: REGIONALE SCHWERPUNKTE DER ELEKTROMOBILITÄT IN ÖSTERREICH.....	26
ABBILDUNG 6: UNTERNEHMEN PRO BUNDESLAND	27
ABBILDUNG 7: METHODIK DER STUDIE	29
ABBILDUNG 8: VORGEHENSWEISE ZUR ERMITTLUNG ÖSTERREICHISCHER WERTSCHÖPFUNGS- UND BESCHÄFTIGUNGSPOTENZIALE.....	30
ABBILDUNG 9: EINFLUSSFAKTOREN AUF DAS VORGEHENSMODELL & SYSTEMGRENZE	31
ABBILDUNG 10: BETRACHTETE ANTRIEBSARTEN NACH ELEKTRIFIZIERUNGSGRAD IN ANLEHNUNG AN [19]	32
ABBILDUNG 11: STÜCKZAHLSZENARIO DER VERKAUFTEN PKW NACH ANTRIEBSART BIS 2030 [1], [2], [3], [4], [5], [6], [EIGENE BERECHNUNGEN]	36
ABBILDUNG 12: VORGEHENSWEISE ZUR ERMITTLUNG DER ÖSTERREICHISCHEN WMA FÜR FAHRZEUGKOMPONENTEN [2]	38
ABBILDUNG 13: WELTWEITES STÜCKZAHLSZENARIO DER LADEINFRASTRUKTUR NACH ERRICHTUNGORT [36], [37], [EIGENE BERECHNUNGEN]	40
ABBILDUNG 14: WELTWEITES STÜCKZAHLSZENARIO DER LADEINFRASTRUKTUR NACH LADELEISTUNG [36], [37], [EIGENE BERECHNUNGEN]	40
ABBILDUNG 15: STÜCKZAHLSZENARIO DER WASSERSTOFF-INFRASTRUKTUR NACH TANKSTELLENGRÖÖE [39], [40], [41], [42], [EIGENE BERECHNUNGEN]	41
ABBILDUNG 16: WERTSCHÖPFUNGSKETTE DER ELEKTROMOBILITÄT IN ANLEHNUNG AN [43]	42
ABBILDUNG 17: GESCHÄFTSPROFIL DER UMFRAGETEILNEHMERINNEN UND -TEILNEHMER	43
ABBILDUNG 18: METHODIK ZUR ERARBEITUNG DER HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN.....	46
ABBILDUNG 19: ÖSTERREICHISCHES WERTSCHÖPFUNGSPOTENZIAL (IN MIO €) UND ÖSTERREICHISCHES BESCHÄFTIGUNGSPOTENZIAL (IN TAUSEND BESCHÄFTIGTEN).....	47
ABBILDUNG 20: ÖSTERREICHISCHES WERTSCHÖPFUNGSPOTENZIAL (IN MIO €) UND ÖSTERREICHISCHES BESCHÄFTIGUNGSPOTENZIAL (IN TAUSEND BESCHÄFTIGTEN) NACH FAHRZEUGTYPEN.....	48
ABBILDUNG 21: WERTSCHÖPFUNGS- UND BESCHÄFTIGUNGSENTWICKLUNG NACH ÖNACE-KLASSEN.....	49
ABBILDUNG 22: WERTSCHÖPFUNGSPOTENZIALE NACH ÖNACE-KLASSEN.....	50
ABBILDUNG 23: BESCHÄFTIGUNGSENTWICKLUNG NACH ÖNACE-KLASSEN.....	50
ABBILDUNG 24: WERTSCHÖPFUNGSPOTENZIALE AUF HAUPTKOMPONENTENEBENE – ÖNACE-KLASSE 26.....	52
ABBILDUNG 25: WERTSCHÖPFUNGSPOTENZIALE AUF HAUPTKOMPONENTENEBENE – ÖNACE-KLASSE 27.....	53
ABBILDUNG 26: WERTSCHÖPFUNGSPOTENZIALE AUF HAUPTKOMPONENTENEBENE – ÖNACE-KLASSE 29.....	54
ABBILDUNG 27: BESCHÄFTIGUNGSPOTENZIALE PRO HAUPTKOMPONENTE	55
ABBILDUNG 28: ANTEILE DER SUBKOMPONENTEN AM BESCHÄFTIGUNGSPOTENZIAL [IN PROZENT]	56
ABBILDUNG 29: STÜCKZAHLENENTWICKLUNG DER LADEINFRASTRUKTUR.....	57
ABBILDUNG 30: WERTSCHÖPFUNGSZUWACHS DURCH E-LADEINFRASTRUKTUR.....	58
ABBILDUNG 31: WERTSCHÖPFUNGSZUWACHS DURCH H ₂ -BETANKUNGSINFRASTRUKTUR.....	59
ABBILDUNG 32: BESCHÄFTIGUNGSPOTENZIAL DURCH LADEINFRASTRUKTUR PRO ÖNACE-KLASSE	60
ABBILDUNG 33: EINSCHÄTZUNG DES FACHKRÄFTEMANGELS AUF BEREICHS- UND FUNKTIONSEBENE	62
ABBILDUNG 34: AUSWIRKUNGEN DES FACHKRÄFTEMANGELS	63
ABBILDUNG 35: MAßNAHMEN DER UNTERNEHMEN GEGEN DEN FACHKRÄFTEMANGEL	64
ABBILDUNG 36: NOTWENDIGE AKADEMISCHE QUALIFIKATIONEN FÜR DIE ELEKTROMOBILITÄT NACH ANZAHL DER NENNUNGEN IN DER ONLINEUMFRAGE.....	65
ABBILDUNG 37: AKTUELLER UND ZUKÜNFTIG ERWARTETER FACHKRÄFTEMANGEL NACH AKADEMISCHEN ABSCHLÜSSEN	67
ABBILDUNG 38: NOTWENDIGE BERUFLICHE QUALIFIKATIONEN FÜR DIE ELEKTROMOBILITÄT NACH ANZAHL DER NENNUNGEN IN DER ONLINEUMFRAGE.....	68

ABBILDUNG 39: AKTUELLER UND ZUKÜNFTIG ERWARTETER FACHKRÄFTEMANGEL NACH BERUFLICHEN QUALIFIKATIONEN	70
ABBILDUNG 40: QUALIFIZIERUNGS- UND SCHULUNGSBEDARF NACH FUNKTIONSBEREICHEN IN DEN UNTERNEHMEN ..	71
ABBILDUNG 41: QUALIFIZIERUNGSHINDERNISSE DER UNTERNEHMEN.....	73
ABBILDUNG 42: BEWERTETE ÜBERSICHT DER HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR DIE ÖFFENTLICHE HAND	83
ABBILDUNG 43: BEWERTETE ÜBERSICHT DER HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR BILDUNGSEINRICHTUNGEN UND QUALIFIZIERUNGSANBIETER.....	84
ABBILDUNG 44: BEWERTETE ÜBERSICHT DER HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR INDUSTRIEUNTERNEHMEN.....	85
ABBILDUNG 45: WERTSCHÖPFUNGSPOTENZIALE AUF HAUPTKOMponentENEbene – ÖNACE-KLASSE 22.....	89
ABBILDUNG 46: WERTSCHÖPFUNGSPOTENZIALE AUF HAUPTKOMponentENEbene – ÖNACE-KLASSE 24.....	90
ABBILDUNG 47: WERTSCHÖPFUNGSPOTENZIALE AUF HAUPTKOMponentENEbene – ÖNACE-KLASSE 25.....	91
ABBILDUNG 48: WERTSCHÖPFUNGSPOTENZIALE AUF HAUPTKOMponentENEbene – ÖNACE-KLASSE 28.....	92
ABBILDUNG 49: WERTSCHÖPFUNGSPOTENZIALE AUF HAUPTKOMponentENEbene – ÖNACE-KLASSE 62.....	93

TABELLEN

TABELLE 1: BEZEICHNUNG DER ÖNACE-KLASSEN – KOMPONENTEN E-FAHRZEUGE	49
TABELLE 2: BEZEICHNUNG DER ÖNACE-KLASSEN – INFRASTRUKTUR.....	60
TABELLE 3: GEFORDERTE QUALIFIZIERUNGS- UND SCHULUNGSINHALTE DER UMFRAGETEILNEHMERINNEN UND - TEILNEHMER AUF FACHKRÄFTEEBENE	71
TABELLE 4: GEFORDERTE QUALIFIZIERUNGS- UND SCHULUNGSINHALTE DER UMFRAGETEILNEHMERINNEN UND - TEILNEHMER AUF FÜHRUNGSKRÄFTEEBENE	72

ABKÜRZUNGEN

AC	Alternating Current bzw. Wechselstrom
BEV	Battery Electric Vehicle bzw. batterieelektrisches Fahrzeug
BMS	Batteriemanagementsystem
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DC	Direct Current bzw. Gleichstrom
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle bzw. Brennstoffzellenelektrofahrzeug
FTE	Full Time Equivalent bzw. Vollzeitäquivalent
FuE	Forschung und Entwicklung
HEV	Hybrid Electric Vehicle bzw. Hybridelektrofahrzeug
HPC	High Power Charging
KFZ	Kraftfahrzeug
KMU	Kleine und Mittlere Unternehmen
kW	Kilowatt
LKW	Lastkraftwagen
NACE	Nomenclature européenne des activités économiques bzw. europäische Klassifikation der Wirtschaftstätigkeiten
OEM	Original Equipment Manufacturer bzw. Fahrzeughersteller
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle bzw. Plug-in-Hybridelektrofahrzeug
PKW	Personenkraftwagen
SME	Small and Medium-Sized Enterprise bzw. Kleine und Mittlere Unternehmen
SUV	Sport Utility Vehicle bzw. Geländelimousine
VKM	Verbrennungskraftmaschine
WMA	Weltmarktanteil
WSK	Wertschöpfungskette

ZUSAMMENFASSUNG

Durch die global voranschreitende Transformation der Mobilität in Richtung »Zero Emission Mobility« befindet sich insbesondere die Automobilindustrie in einem sozio-technologischen Umbruch. Österreichs Industrie nimmt dabei eine wesentliche Rolle durch die stark ausgeprägte Zuliefererlandschaft ein. Es ist jedoch nicht gewiss, ob Unternehmen in Österreich für die Wende in Richtung »Zero Emission Mobility« derzeit ausreichend gewappnet sind und welche Maßnahmen notwendig sein werden, um den Anschluss gegenüber anderen Ländern nicht zu verlieren.

Ziel der vorliegenden Studie ist es daher, Potenziale hinsichtlich der Wertschöpfung und der Beschäftigung in Österreich aufzudecken, welche durch die Elektromobilität entstehen. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf den Qualifizierungsbedarfen, die in diesem Bildungsbereich aktuell existieren oder durch einen aktuellen Mangel in Zukunft gedeckt werden müssen. Für die transparente Darstellung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte stellt die Studie ausschließlich die Entwicklungen im Zuge der Elektromobilität in den Vordergrund; aktuelle Trends und Einsatzbereiche von Fahrzeugen wie Carsharing und autonomes Fahren werden bewusst ausgegrenzt: Diese Entwicklungen beeinflussen den gesamten Automobilsektor und stellen keine Phänomene der Elektromobilität dar.

»Die Elektromobilität birgt Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale für Österreich«

Vor dem Hintergrund eines anhaltenden Aufwärtstrends bei den globalen PKW-Verkaufszahlen wird eine Verschiebung der Stückzahlen von konventionellen Verbrennungsmotoren hin zu Antriebsarten mit einem höheren Elektrifizierungsgrad erwartet. Die Wende zur Elektromobilität wird schrittweise über Hybride, die neben dem lokalen emissionsfreien Fahren ein Heranführen der Elektromobilität an die Gesellschaft ermöglichen, hin zu vollständig batterie-betriebenen Fahrzeugen erfolgen. Wasserstofffahrzeuge werden zwar betrachtet, spielen in diesem Szenario jedoch auch 2030 noch eine untergeordnete Rolle. Für diesen langsamen Umstieg sind Aspekte des Kundenverhaltens ebenso ausschlaggebend wie der unzureichende Ausbau der Ladeinfrastruktur.

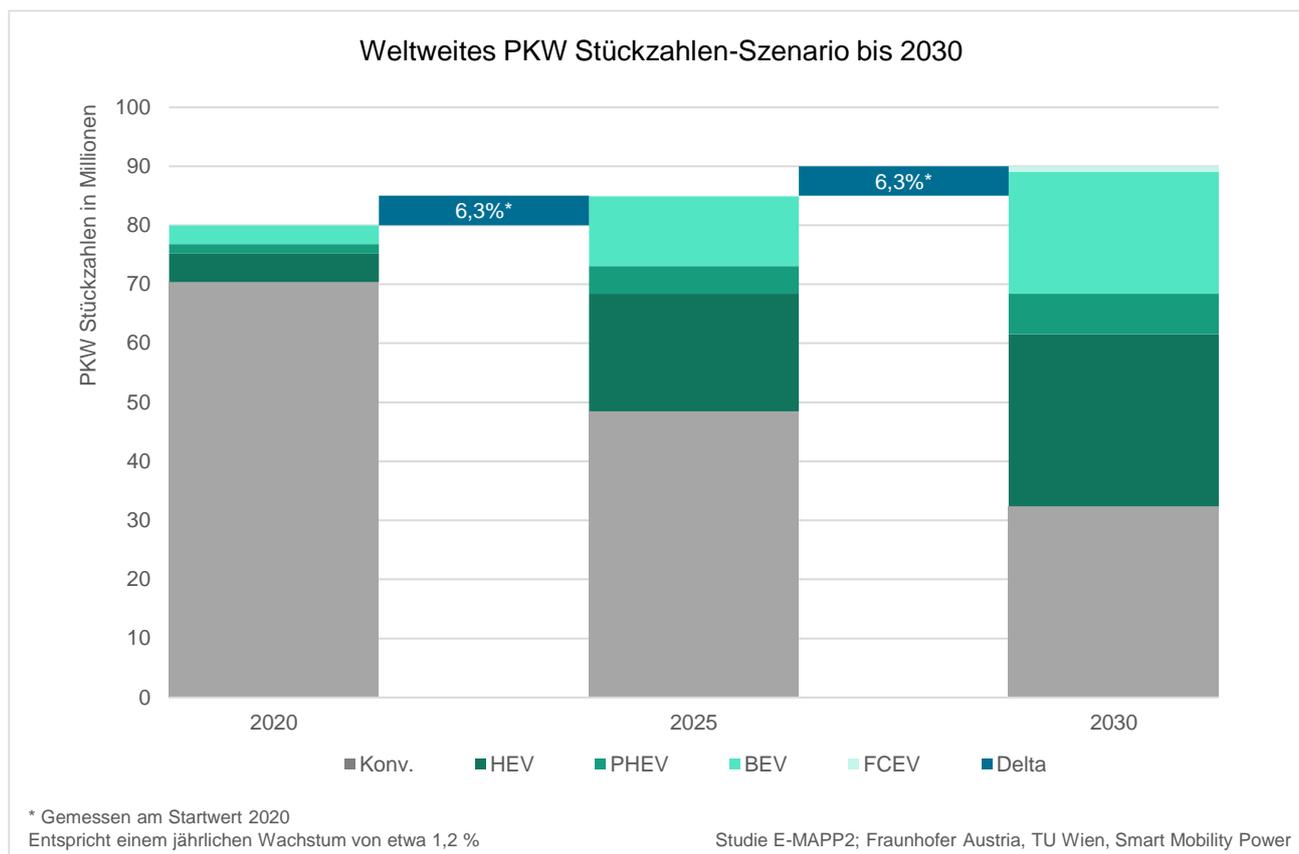


Abbildung 1: Stückzahlen weltweit verkaufter PKW bis 2030 nach Antriebsart [1], [2], [3], [4], [5], [6], [eigene Berechnungen]

Die allgemeinen **Befürchtungen**, eine Wende zur Elektromobilität wird in der österreichischen Automobilzulieferindustrie zu einem **Verlust an Wertschöpfung** und damit zu einem **deutlichen Beschäftigungsrückgang** führen, **werden von dieser Studie eindeutig widerlegt**. Eine detaillierte Analyse der Fahrzeugtypen und deren Komponenten zeigt auch für die Zukunft am Standort Österreich eine positive Wertschöpfungsentwicklung und stetig steigende Beschäftigungszahlen. Auch wenn die Einbußen auf herkömmliche Komponenten wie dem Verbrennungsmotor und dem Getriebe durch diese Studie bestätigt werden, können diese Verluste, mit klaren Strategien auf Unternehmensebene, vollständig von neuen Komponenten wettgemacht werden und in Summe zu einer positiven Gesamtentwicklung führen. So wird beispielsweise aufgezeigt, dass Österreich im Bereich der Steuer- und Leistungselektronik, welche durch den Wandel zur Elektromobilität eine größere Rolle spielen wird als bisher, durch die starke vorhandene Unternehmenslandschaft hohe Potenziale hat. Während die Produktion von Leistungselektronikkomponenten für die Elektromobilität aktuell – gemessen an der Anzahl der Elektrofahrzeuge – noch einen geringen Prozentsatz ausmacht, werden für die Zukunft entsprechend der Entwicklung der Elektromobilität hohe Stückzahlen erwartet. Der Schlüssel zur Nutzung dieser Potenziale ist der zielgerichtete Umstieg auf Technologien, die in reinen Elektrofahrzeugen verbaut sind, da diese laut der Berechnungen das höchste Potenzial bergen. Auch wenn Österreich bei Schlüsseltechnologien wie der Li-Ionen Batterie noch eine vergleichsweise schwache Rolle auf dem Weltmarkt einnimmt, birgt der Wandel zur Elektromobilität hierzulande gute Zukunftsaussichten.

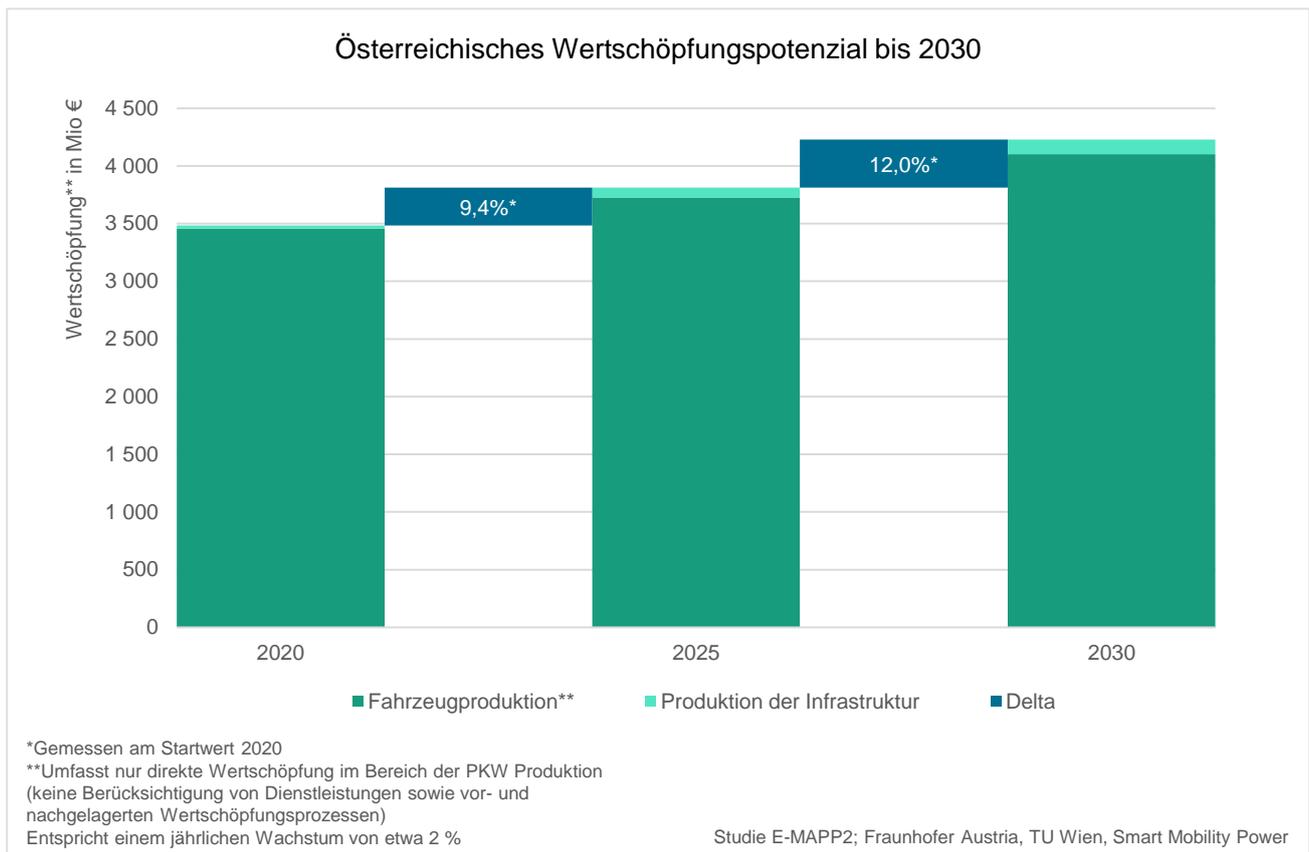


Abbildung 2: Österreichische Wertschöpfungsentwicklung in der Elektromobilität bis 2030

»Wertschöpfungspotenziale österreichischer Unternehmen bleiben durch den Fachkräftemangel ungenutzt«

Die Verfügbarkeit gut ausgebildeter Fachkräfte zählt zu den Grundvoraussetzungen im globalen Standortwettbewerb. Mit der Vielzahl technologischer Veränderungen über die gesamte Wertschöpfungskette zählen Spezialistinnen und Spezialisten auch im Ausbau der Elektromobilität zu den kritischen Erfolgsfaktoren. Das österreichische Bildungssystem bietet mit einem breiten Studienangebot an erstklassigen Hochschulen bereits attraktive Bedingungen. In der Untersuchung von Personal- und Qualifizierungsbedarfen decken die vorliegenden Studienergebnisse dennoch beträchtliche Defizite auf: 70 Prozent der befragten Unternehmen geben an, eine Beeinträchtigung der eigenen Innovationskraft durch den Mangel an Fachkräften zu spüren. Demnach können vorhandene Projektideen in der Elektromobilität nicht in die Tat umgesetzt werden, womit letztendlich Wertschöpfungspotenziale ungenutzt bleiben. Mit dem demografischen Wandel ist auf längerfristige Sicht mit einer Verschärfung des Fachkräftemangels zu rechnen.

Unternehmen reagieren mit unterschiedlichen Maßnahmen, um diesem Mangel entgegenzutreten. Während große Konzerne die Mittel und Ressourcen für umfassende betriebsinterne Weiterbildungsprogramme aufbringen können, sehen sich insbesondere KMU gezwungen, Spezialistinnen und Spezialisten zunehmend aus dem Ausland zu rekrutieren.

Aus der Untersuchung der Personal- und Qualifizierungsbedarfe wurden in dieser Studie drei Schwerpunktthemen identifiziert, die es für eine wirksame Unterstützung österreichischer Unternehmen und den Ausbau der Elektromobilität zu adressieren gilt:

- » **Technologieexpertinnen und -experten im Fokus der Personalsuche:** Gemessen an den Phasen des Produktentwicklungsprozesses, ist der größte Bedarf an Fachkräften in den Bereichen FuE und Engineering festzustellen, in denen fundiertes Know-how zur Konzeption eines Leistungsangebots in der Elektromobilität notwendig ist. Dabei ergeben sich speziell bei Ingenieurinnen und Ingenieuren mit umfassendem Systemverständnis große Chancen, vom Wandel zu profitieren. Ebenso stehen hochspezialisierte Technologieexpertinnen und -experten, beispielsweise für die Erforschung von Batterie- und Wasserstofftechnologien, Expertinnen und Experten für Materialwissenschaften oder Entwicklungs- und Testingenieurinnen und -ingenieure für die funktionale Sicherheit elektrischer Antriebssysteme im Bereich Simulation und Prüftechnik im Fokus. Im Bereich der Fertigung und Produktion von Komponenten ist der Bedarf an Fachkräften weniger ausgeprägt. Hier können Unternehmen oftmals auf bestehende Kompetenzen wie die mechanische Bearbeitung aufbauen und diese auf das Anwendungsgebiet Elektromobilität übertragen.
- » **Projektmanagement-Kompetenz als Erfolgsfaktor:** Der Umstieg auf die Elektromobilität birgt tiefgreifende Veränderungen für produzierende Unternehmen. Vom Aufbau neuer Lieferantenstrukturen, über die Gestaltung komplexer, verketteter Produktionssysteme bis hin zur Etablierung neuer Vertriebskanäle betreffen die Auswirkungen sämtliche Bereiche der Wertschöpfung. Die Verfügbarkeit notwendiger Kompetenzen für den Umbau der Wertschöpfungskette bedeutet dabei oftmals den Unterschied zwischen Erfolg und Misserfolg. Nicht umsonst sehen Unternehmen einen der größten Qualifizierungsbedarfe der eigenen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Kompetenzfeld des Projektmanagements.
- » **Elektrifizierung durch Digitalisierung:** Mit der stattfindenden Digitalisierung der industriellen Produktion unter dem Schlagwort Industrie 4.0 sowie dem fortführenden Trend des voll vernetzten Fahrzeuges spielt die digitale Transformation auch für den Ausbau der Elektromobilität eine entscheidende Rolle. Durch Elektrifizierung des Antriebsstrangs kommen neue Technologien zum Tragen, gepaart mit neuen Digitalisierungsansätzen. IT-Expertinnen und -Experten werden damit für die gesamte Automobilindustrie zur absoluten Notwendigkeit im globalen Wettbewerb. Die Unternehmensbefragung in dieser Studie zeigt, dass zahlreiche Projektideen in der Elektromobilität aufgrund des Mangels an IT-Spezialistinnen und -Spezialisten nicht umgesetzt werden können. Gemessen an den akademischen Qualifikationen von Absolventinnen und Absolventen in Österreich stellen Informatikerinnen und Informatiker sogar den mit Abstand größten Fachkräftemangel. Um den Ausbau der Elektromobilität zu fördern, muss der Fokus entsprechend auch auf die Digitalisierung gelegt werden.

Mit der Elektromobilität und den Entwicklungen im Bereich des autonomen Fahrens gewinnen Qualifikationen und Berufsgruppen an Bedeutung, die bislang nicht im Fokus der klassischen Entwicklungstätigkeiten lagen. Während aktuell ein hoher Mangel an Expertinnen und Experten, beispielsweise für den Bereich *Functional Safety*, zu verzeichnen ist, werden solche Themen über die kommenden Jahre in das Know-how der Unternehmen übergehen. Zum aktuellen Zeitpunkt sind daher zielgerichtete Schulungsinhalte unter anderem in den angeführten Schwerpunktbereichen notwendig. Bedingt durch kurze Technologiezyklen ist bei der Adaption von Studien- und Qualifizierungsangeboten besonderer Fokus auf die Aktualität der vermittelten Inhalte zu legen. Neben der schnellen Veralterung des Wissens bemängeln die befragten Unternehmen den geringen Praxisbezug als auch das begrenzte Angebot spezialisierter Schulungsinhalte.

Ein Hemmnis der Elektromobilität liegt ebenso in der unzureichenden Qualifizierung angrenzender Berufsgruppen. Sowohl Käuferinnen und Käufer als auch Auto-Mechanikerinnen und -Mechaniker, Elektrikerinnen und Elektriker, Juristinnen und Juristen etc. müssen entsprechend qualifiziert werden, um Vertrauen in diesem Markt aufzubauen.

»Die Ladeinfrastruktur ist für die Etablierung der Elektromobilität das A und O«

Zulieferer und Hersteller in der fahrzeugbezogenen Wertschöpfungskette sehen ein wesentliches Hemmnis der Elektromobilität im unzureichenden Ausbau der Infrastruktur: Solange das Gefühl in der Bevölkerung nicht vorhanden ist, dass elektrische Fahrzeuge überall geladen werden können, wird die Masse nicht auf Elektromobilität umsteigen. Vom technischen Standpunkt aus betrachtet, stellen Ladestationen für den öffentlichen, halböffentlichen und den privaten Bereich das kleinere Problem dar. Unternehmen dürfen sich daher nicht allein auf die gegebenen Herausforderungen der Ladeinfrastruktur verfestigen – wenn die Fahrzeuge vorhanden sind, werden Lösungen für das Laden der Fahrzeuge gefunden werden.

Die Lösung dieses »Henne-Ei«-Problems stellt dennoch einen wichtigen Beitrag zum Ausbau der Elektromobilität dar, zumal die öffentliche Hand durch Förderungen und die Legislative starke Akzente in diesem Bereich setzen kann. In der vorliegenden Studie wurden zwei wesentliche Handlungsfelder im Bereich der Ladeinfrastruktur identifiziert:

- » **Strategie und Vorgehensweise:** Soll der Ausbau der Ladeinfrastruktur in der geforderten Geschwindigkeit erfolgen, ergeben sich weitere technische Probleme, die vorab einer Lösung bedürfen. Werden beispielsweise mehrere Fahrzeuge parallel mit leistungsintensiven Ladestationen geladen, ist mit signifikanter Netzbelastung zu rechnen. Dies macht eine fundierte Auslegung geregelter Lade- und Speicherlösungen, beispielsweise durch den Einsatz autonomer, batteriebasierter Ladelösungen, unabdingbar. Im Gesamtsystem sind eine klare Strategie und Herangehensweise für den Ausbau der Ladeinfrastruktur notwendig.
- » **Legislative und Bürokratie:** Um den Ausbau der Ladeinfrastruktur zu fördern, müssen Behördenwege angepasst werden. In der Praxis sind hohe bürokratische Aufwände, beispielsweise bezogen auf Netzanschlüsse oder Zustimmungsprozesse in Mehrparteienhäusern, zu beobachten. Allgemein gilt: Die Errichtung von Ladestationen sollte kein Projekt, sondern ein Standardprozess für Elektrikerinnen und Elektriker, Juristinnen und Juristen und andere involvierte Berufsgruppen sein.

»Sektorübergreifende Kooperationen als Erfolgsfaktor«

Im heutigen Wettbewerb sind Kooperationen ein notwendiges Mittel, um Themen auszutauschen und vom spezifischen Know-how des Standorts Europa zu profitieren. Kürzere Technologiezyklen bedingen sich immer schneller ändernde Anforderungen seitens der großen OEMs, infolgedessen die Zulieferer unter Druck stehen, entsprechende Partnernetzwerke aufzubauen. Kooperationen zwischen Unternehmen zur gemeinsamen Bündelung von Ressourcen fallen dabei ebenso ins Gewicht wie Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft zum Transfer von Forschungsergebnissen und zum Aufbau qualifizierter Fachkräfte. Die Studienergebnisse zeigen, dass speziell technologieorientierte, FuE-nahe Unternehmen auf den Austausch mit Hochschulen angewiesen sind, um Themenfelder voranzutreiben und innovative Produkte am Markt platzieren zu können.

Sowohl unternehmensextern als auch -intern stellt die Elektromobilität besondere sektorenübergreifende Anforderungen an die Kooperationsfähigkeit. Mit geänderten Kompetenzanforderungen und der gestiegenen Bedeutung des interdisziplinären Zusammenwirkens, müssen Fachkräfte entsprechende Offenheit und Kooperationsfähigkeit, ebenso wie Führungskompetenzen aufweisen, damit die Kompetenzträger unterschiedlicher Elektromobilitätsrelevanter Sektoren zielgerichtet und gemeinsam Lösungen entwickeln können. Das Schlagwort Kooperation steht damit auch in Zusammenhang mit der Vermittlung entsprechender Soft-Skills.

Die Studienergebnisse zeigen, dass speziell KMUs Unterstützungsbedarf sehen, langfristige kollaborative Beziehungen aufzusetzen. An dieser Stelle sind geeignete Initiativen, themendurchgängige Programme und Plattformen wünschenswert, um eine wirksame Unterstützung der Unternehmen in den neu entstehenden Wertschöpfungsketten zu erreichen. Dabei stehen die öffentliche Hand, Technologieplattformen, Interessensgruppen und Fachverbände mit dem gegebenen Unternehmensnetzwerk ebenso in der Verantwortung wie Bildungseinrichtungen, die das Know-how besitzen, Wissen an die Fachkräfte zu bringen.

»Die Elektromobilität kommt – Unternehmen müssen jetzt handeln und sich mit klaren Strategien im Markt positionieren«

Die Entwicklungen der vergangenen Jahre waren unter dem Zielbild vereint, elektrisch angetriebene Fahrzeuge durch Kostensenkung, beispielsweise bei der Auswahl verwendeter Materialien ebenso wie in der Herstellung, für einen breiten Markt zugänglich zu machen. Dieser Prozess ist noch nicht abgeschlossen: Insbesondere in den Batterietechnologien ist mit weiteren Produkt- und Prozessinnovationen und weiter sinkenden Herstellungskosten bis zum Jahr 2030 zu rechnen. Dessen ungeachtet, steht der Markt von einem technologischen und fertigungstechnischen Standpunkt aus betrachtet mittlerweile an der Schwelle zur Massenleistungsfähigkeit. Fast 80 Prozent der befragten Unternehmen gehen von einer steigenden Marktdurchdringung der Elektromobilität aus, sodass der Markt für Hersteller als auch Zulieferer immer attraktiver wird.

Die Elektromobilität bringt damit große Chancen, sich in diesem Markt zu etablieren. Doch der Wandel birgt auch Risiken, da sich Unternehmen nicht auf alte Strukturen und Vertriebskanäle verlassen können. In der Praxis ist zu beobachten, dass viele Unternehmen die Dringlichkeit des Umstiegs unterschätzen. Mit den sich schnell ändernden Anforderungen der großen OEMs an die Zulieferer und der inkonsistenten Informationspolitik der letzten Jahre ist der Markt Elektromobilität noch mit Unsicherheiten behaftet. Unternehmen zögern, strategische Entscheidungen in Richtung Elektromobilität zu treffen und stehen damit vor dem Risiko, nicht rechtzeitig den Umstieg zu meistern. Dies ist insbesondere bei KMU kritisch, die anders als große OEMs nicht über die Liquidität verfügen, den Umstieg auf die Elektromobilität im Unternehmen rasch zu forcieren.

Für den Aufbau eines Leistungsportfolios in der Elektromobilität sind, gemessen an der durchschnittlichen Unternehmensgröße österreichischer Betriebe, speziell Nischenmärkte aufgrund der verminderten Konkurrenzsituation anzustreben. Dafür sind klare Strategien und Ziele der Unternehmen notwendig. Während die Politik Budgets bereitstellen und regulative Anreize schaffen kann, stehen die Unternehmen in der Verantwortung, den Weg mit einem klaren Bekenntnis und einer definierten Strategie zur Elektromobilität zu ebnen.

Alles in allem birgt die prognostizierte Entwicklung in den kommenden zehn Jahren **Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale für Österreich**. Nichtsdestotrotz zeigt diese Studie, dass dies **kein Selbstläufer** ist – zur Ermöglichung dieser Potenziale sind die Politik ebenso wie die Bildungseinrichtungen und Unternehmen selbst gefragt. **Innovative Denkansätze** und **frühzeitiges Engagement** sind hierbei die Voraussetzungen, um im Weltmarkt eine stabile Position einzunehmen und zu sichern.

EXECUTIVE SUMMARY

Due to the global transformation of mobility towards “Zero Emission Mobility”, the automotive supplying industry is in a socio-technological change. Austria's industry plays an essential role in this process due to its strongly developed supplier landscape. However, it is unclear whether Austrian companies are currently sufficiently prepared for the transition towards “Zero Emission Mobility” and which measures will be necessary in order to keep up with other countries.

Therefore, the aim of the present study is to uncover value creation and employment potential in Austria created by electromobility. A special focus is placed on the qualification needs that currently exist within this educational sector or will have to be covered in the future. This study looks at the development in the course of electromobility; current trends such as car sharing and autonomous driving are excluded from this study: these developments influence the entire automotive sector and do not represent phenomena of electromobility specifically.

»Electromobility holds value-added and employment potential for Austria«

With regard to a continuing upward trend in global passenger car sales figures, a shift in volumes from conventional combustion engines to drive systems with a higher degree of electrification is expected. The turnaround to electromobility will occur gradually via hybrids, which, in addition to local emission-free driving, enable electromobility to be brought closer to society, to fully battery-powered vehicles. Hydrogen vehicles are considered, but they still play a minor role in this scenario even in 2030. Aspects of customer behavior are just as decisive for this slow transition as the unregulated and insufficient installation of the charging infrastructure.

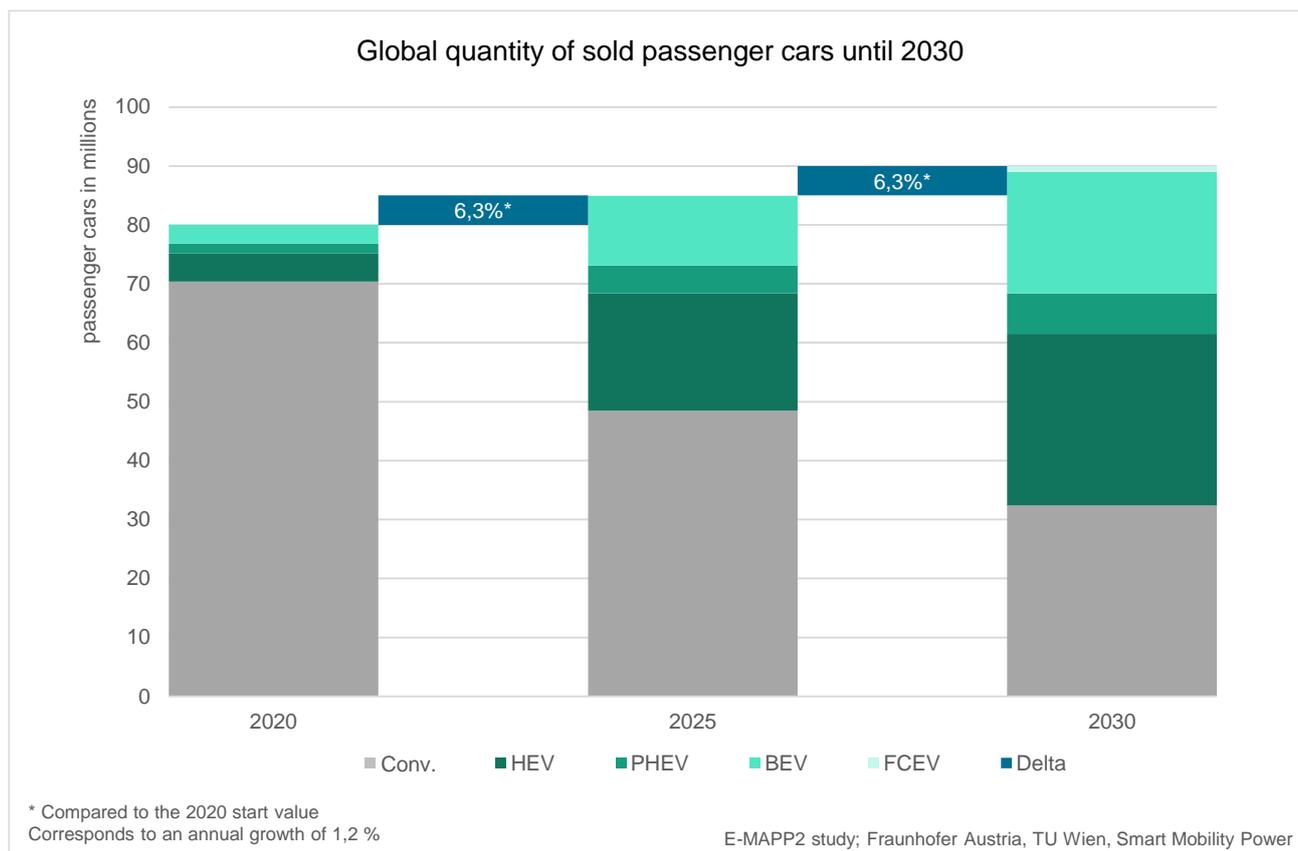


Abbildung 3: Global quantity of sold passenger cars [1], [2], [3], [4], [5], [6], [own calculations]

The general fear that a turn towards electric mobility will lead to a loss of created value within the Austrian automotive supplying industry and thus to a significant decline in employment is clearly refuted by this study. A detailed analysis of the vehicle types and their components shows a positive development in value creation and employment figures in Austria. Even if the losses on conventional components such as the combustion engine and the transmission are confirmed by this study, these losses are completely compensated by new components and show an overall positive development. For example, it is shown that Austria, due to the strong existing corporate landscape, has high potentials in the area of control and power electronics, which will play a greater role than before due to the change towards electromobility. While the production of power electronics components for electromobility currently accounts for a small percentage (as electric vehicle numbers are still low), high volumes are expected in the future in line with the development of electromobility. The key to exploiting this potential will be to set a focus on technologies that are built into battery electric vehicles, since according to the calculations these yield the highest growth potential. Even though Austria still plays a comparatively weak role in the world market regarding key technologies such as the Li-Ion battery, the transition to electromobility in Austria holds good prospects for the future.

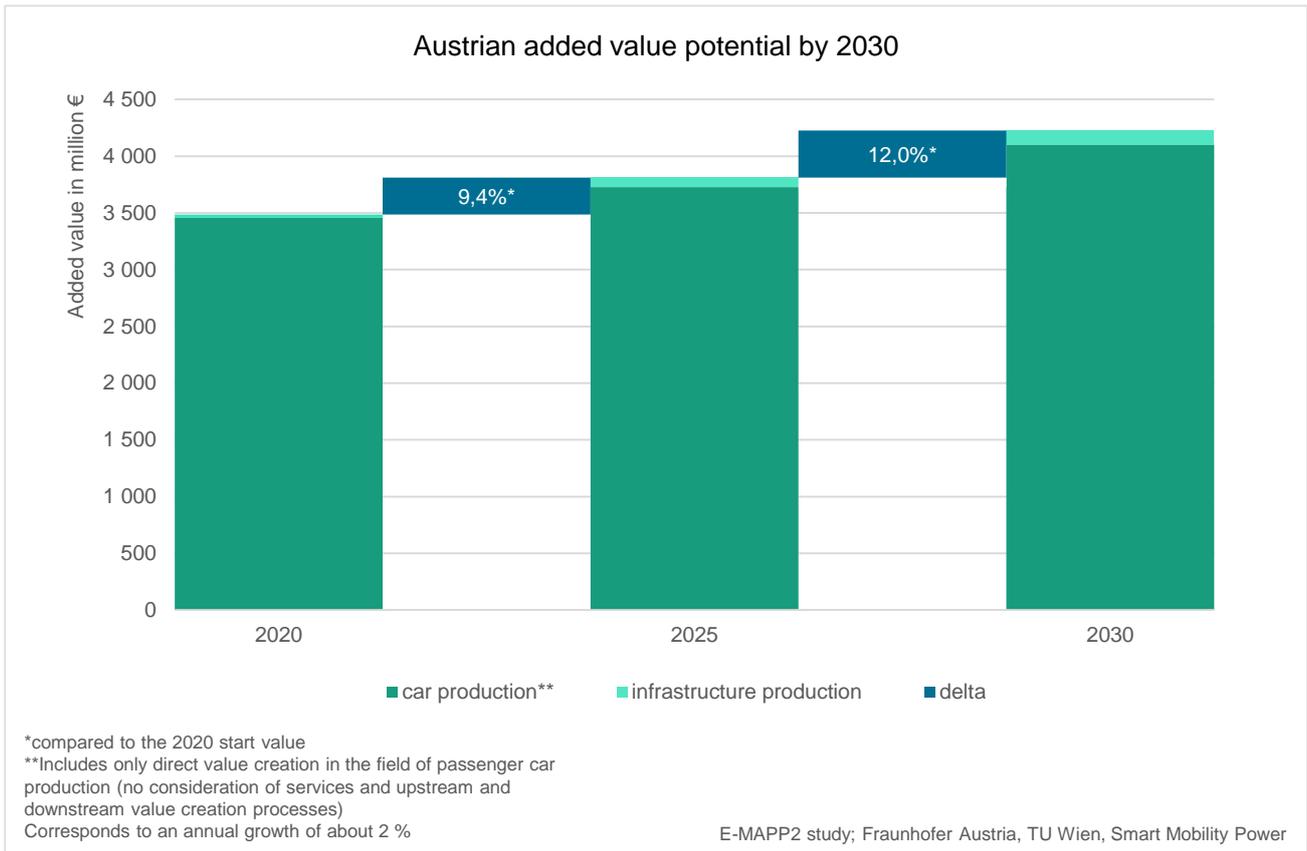


Abbildung 4: Austrian added value potential

»Value creation potentials of Austrian companies remain unused due to the lack of skilled workers«

The availability of well-trained specialists is one of the basic requirements in the global competition. With regard to the large number of technological changes along the entire value chain, specialists are also among the critical success factors when it comes to the expansion of electromobility. The Austrian education system already offers attractive conditions with a broad range of courses at first-class universities. However, the analysis of personnel and qualification requirements of this study reveals considerable deficits: 70 percent of the companies surveyed stated that their own innovative strength was impaired by the lack of skilled workers. According to these findings, existing project ideas in the field of electromobility cannot be put into practice, which ultimately means that value creation potentials remain untapped. In the longer term, demographic change is expected to even further the shortage of skilled workers.

Companies react with different measures to counteract this shortage. While large corporations can provide the funds and resources for comprehensive in-house training programs, SMEs are increasingly forced to recruit specialists from abroad.

Based on the analysis of personnel and qualification requirements, this study identified three main topics that need to be addressed for an effective support of Austrian companies and the expansion of electric mobility:

- » **Technology experts in the focus of human resources:** the greatest demand for skilled workers can be found in the areas of R&D and engineering, where profound know-how is needed. Especially engineers with a comprehensive understanding of the system have great opportunities to benefit from the change. Likewise, specialized technology experts, for example in the research and development of battery and hydrogen technologies, experts in materials science, as well as test engineers for the functional safety of electric systems are likely to benefit. In the field of manufacturing and production, the need for skilled workers is less pronounced. Here, companies can often build on existing skills such as mechanical processing, and transfer these to the area of electromobility.
- » **Project management competence as a success factor:** the transition towards electromobility involves far-reaching changes for manufacturing companies. From the development of new supplier structures to the design of complex, interlinked production systems or the establishment of new distribution channels, the effects affect all areas of value creation. The availability of necessary competencies for the restructuring of the value chain often means the difference between success and failure. It is not without reason that companies regard competence in the field of project management as one of the greatest qualification needs of their own employees.
- » **Electrification through digitalization:** with the ongoing digitalization of industrial production and the ongoing trend towards fully networked vehicles, the digital transformation is also playing a decisive role in the expansion of electromobility. The electrification of the drive train is bringing new technologies to bear, coupled with new approaches to digitization. IT experts are thus becoming an absolute necessity in global competition for the entire automotive industry. The company survey within this study shows that numerous project ideas in electromobility cannot be implemented due to a lack of IT specialists. Measured in terms of the academic qualifications of graduates in Austria, IT scientists are by far the most important source of skilled workers. In order to promote the expansion of electromobility, the focus must also be placed on digitalization.

With electromobility and the developments in the field of autonomous driving, qualifications that have not been the focus of traditional development activities so far are gaining of importance. While there is currently a severe shortage of experts, for example in the field of functional safety, such topics will become part of the companies' know-how over the coming years. At the present time, a targeted training content is therefore necessary, including the above-mentioned key areas. Due to short technology cycles, a special focus must be placed on the topicality of the contents taught when adapting study and qualification programs. On the other hand, companies have the obligation to prime their own employees for lifelong learning. In addition to the rapid obsolescence of knowledge, the surveyed companies complain about the low practical relevance as well as the limited offer of specialized training content.

Another obstacle to electromobility is the inadequate qualification of neighboring occupational groups. Buyers as well as car mechanics, electricians, lawyers, etc. must be appropriately qualified to build trust in this market.

»Charging infrastructure is essential for the ramp-up of electric mobility«

Suppliers and manufacturers in the vehicle-related value-added chain see a major obstacle to electromobility in the inadequate expansion of the charging infrastructure: as long as the population does not have the feeling that electric vehicles can be charged anywhere, they will not switch to electromobility. From a technical point of view, charging stations for the public, semi-public, and private sectors are the smaller problem. Companies must therefore not solely concentrate on the given challenges of the charging infrastructure – if the vehicles are available, solutions for charging the vehicles will be found.

Nevertheless, the solution to this »chicken-and-egg« issue represents an important contribution to the expansion of electromobility, especially since the public sector can make a strong impact in this area through subsidies and legislation. In the present study, two main fields of action were identified in the area of charging infrastructure:

- » **Strategy and approach:** if the expansion of the charging infrastructure is to take place at the required speed, further technical problems will arise that require a solution in advance. If, for example, several vehicles are charged parallel with rapid charging stations, a significant load on the network can be expected. This makes a well-founded design of charging and storage solutions (for example by using autonomous, battery-based charging solutions) indispensable. In the overall system, a clear strategy and approach for the expansion of the charging infrastructure is necessary.
- » **Legislation and bureaucracy:** to promote the expansion of the charging infrastructure, bureaucracy must be addressed. In practice, a high level of bureaucracy can be observed, for example in relation to grid connections in multi-party buildings. In general, the construction of charging stations should not be a project but a standard process for electricians, lawyers, and other professional groups involved.

»Cross-sectoral cooperation as a success factor«

In today's competitive environment, cooperation is a necessary means of exchanging ideas and benefiting from the specific know-how of Europe as a business location. Shorter technology cycles mean that the requirements of the OEMs are changing ever faster, putting pressure on suppliers to build up appropriate partner networks. Cooperation between companies for the joint bundling of resources is just as important as cooperation between industry and science for the transfer of research results and the development of qualified specialists. The results of the study show that particularly technology and R&D-oriented companies are dependent on exchange with universities in order to develop ideas and to be able to place innovative products on the market.

Both externally and internally, electromobility places special demands on the ability to collaborate. With changing competence requirements and the increased importance of interdisciplinary cooperation, workers must demonstrate openness and ability to cooperate, as well as leadership skills. Cooperation is thus also related to the teaching of corresponding soft skills at the specialist level.

The results of the study show that SMEs need support in establishing long-term collaborative relationships. At this point, suitable initiatives, consistent programmes and platforms are necessary in order to achieve appropriate support for companies in the newly emerging value chains. The public authorities and professional associations with the given company network are just as much as responsible as educational institutions, which have the know-how to bring knowledge to the professionals.

»Electric mobility is coming – companies must act now and position themselves within the market with clear strategies«

The developments of the past years were united under the goal of making electrically powered vehicles accessible to a broad market by reducing costs, for example in the choice of materials used as well as in their production. This process has not yet been completed; further product and process innovations and further reductions in manufacturing costs are expected by 2030, particularly regarding battery technologies. Nevertheless, from a technological and manufacturing point of view, the market is now on the threshold of mass production capacity. Almost 80 percent of the companies surveyed expect the market penetration of electromobility to increase, making the market increasingly attractive for both manufacturers and suppliers.

Electromobility thus offers great opportunities to establish itself in this market. The change also brings risks as companies cannot rely on old structures and sales channels. In practice, it can be observed that many companies underestimate the urgency to switch. With the rapidly changing demands of the large OEMs and the inconsistent information policy of recent years, the electromobility market is still fraught with uncertainty. Companies are hesitant to make strategic decisions in the direction of electromobility and are thus faced with the risk of not mastering the changeover in time. This is particularly critical for SMEs, which, unlike large OEMs, do not have the liquidity to push electromobility quickly.

Measured against the average company size of Austrian industry, niche markets should be targeted, due to the reduced competitive situation. This requires clear strategies and objectives on the part of the companies. While politicians can provide budgets and financial incentives, companies are responsible for paving the way with a clear commitment to electromobility.

All in all, the development forecasted for the following 10 years holds **value-added** as well as **employment potentials for Austria**. Nevertheless, this **cannot be taken for granted** - to make these potentials possible, politics as well as educational institutions and companies themselves are in demand. **Thinking ahead** and an **early commitment** are the prerequisites for gaining a stable position within the global market.

1 AUF EINEN BLICK – KERNAUSSAGEN DER STUDIE

Folgend befindet sich eine Übersicht der Kernaussagen, welche sich aus einer Konsolidierung der Studienergebnisse ableiten lassen. Diese sind geclustert in Überkategorien und werden in den einzelnen Kapiteln dieser Studie in einem größeren Detailgrad erörtert.

Trends

- » Bis zum Jahre 2030 ergeben sich für Österreich sowohl Wertschöpfungs- als auch Beschäftigungspotenziale im Bereich der direkten Herstellung von PKW-Komponenten. Das Wertschöpfungspotenzial wird prognostiziert mit einer Steigung von etwa 19 Prozent, das Beschäftigungspotenzial mit einer Steigung von etwa 20 Prozent.
- » Elektrische Komponenten gewinnen im Vergleich zu mechanischen Komponenten bis 2030 an Bedeutung. Der Wertschöpfungsanteil der Elektrik und Elektronik im Fahrzeug nimmt im Vergleich zur Mechanik voraussichtlich um etwa 6 Prozent zu.
- » Der Antriebsmix bis zum Jahre 2030 wird sich aller Voraussicht nach stark in Richtung alternative Antriebe bewegen. Rein elektrische Antriebe (FCEV, BEV) werden dabei den Schätzungen zufolge etwa 24 Prozent ausmachen, teil-elektrifizierte Antriebe (PHEV, HEV) etwa 40 Prozent und konventionell betriebene Fahrzeuge etwa 36 Prozent.¹
- » Demzufolge werden 2030 schätzungsweise noch rund drei Viertel der weltweiten PKW einen Verbrennungsmotor besitzen, wobei der Anteil der teil-elektrifizierten Antriebe, als Übergangstechnologien hin zur »Zero Emission Mobility«, mehr als die Hälfte davon einnehmen wird.
- » Besonders in technologieorientierten und forschungsintensiven Unternehmen in Österreich tritt ein Fachkräftemangel auf, welcher nach Einschätzungen der befragten Expertinnen und Experten und Unternehmen weiter voranschreitet.
- » Besonders in der FuE fehlen Qualifikationen im Bereich der Elektromobilität, was zu minimierter Innovationskraft und Kreativität bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern führt. Dies wird aktuell durch einen erheblichen Mehraufwand ausgeglichen und bringt somit einen Effizienzverlust mit sich.
- » Ein Themengebiet, welches oft im Zusammenhang mit Qualifizierungsbedarfen genannt wird, ist die Digitalisierung. Expertinnen und Experten sind der Meinung, dass die voranschreitende Digitalisierung den Fachkräftemangel zusätzlich verstärkt und somit einen großen Handlungsbedarf aufdeckt.

¹ HEV – hybrid electric vehicle; PHEV – plug-in hybrid electric vehicle; REEV – range extended electric vehicle; BEV – battery electric vehicle; FCEV – fuel cell electric vehicle

Wertschöpfung & Beschäftigung

- » Die größten Potenziale für Österreich liegen in den ÖNACE-Klassen 27 (Herstellung von elektrischen Ausrüstungen) und 26 (Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen). Diese tragen den Berechnungen zufolge zu 11 respektive 10 Prozent zum österreichischen Wertschöpfungspotenzial bei und bergen bis 2030 ein Potenzial für rund 7 000 neue Stellen.²
- » Auf Komponentensicht weisen vor allem der Elektromotor, die Traktionsbatterie, die Leistungselektronik und die Steuerelektronik ein steigendes Wertschöpfungspotenzial auf.
- » Obwohl der Verbrennungsmotor laut den Berechnungen zu den Komponenten mit den größten Wertschöpfungsverlusten zählt, macht dieser 2030 noch immer rund 22 Prozent der Gesamtwertschöpfung aus.
- » Das Erreichen der Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale der österreichischen Automobilindustrie ist im Wesentlichen von der Nachfrage nach extern aufladbaren Autos und damit vom Ausbaugrad der globalen Ladeinfrastruktur abhängig. Für diese ergeben sich weitere Wertschöpfungspotenziale von rund 120 Mio Euro jährlich ab dem Jahr 2030.
- » Bezogen auf die Ladeinfrastruktur ergeben sich global die größten kurzfristigen Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale bei öffentlichen e-Tankstellen mit 2,3–22 kW AC. Es ist zu erwarten, dass diese langsame öffentliche Ladeausprägung in den Jahren nach 2030 immer mehr durch mittlere (44 kW AC und 50 kW DC) und schnelle (100–350 kW DC) Ladetechnologien substituiert wird, weswegen hier ein langfristiges Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenzial zu erwarten ist.
- » Stückzahlenmäßig wird weltweit die größte Steigerung bei der e-Ladeinfrastruktur im Heimbereich prognostiziert. Hier ist eine Anpassung der rechtlichen Lage zur Schaffung des Heimmarkts unabdingbar, um die Anbringung von Ladeinfrastruktur bspw. in Mehrfamilienhäusern zu ermöglichen. Hier wird mittelfristig auch die AC-Ladetechnik durch DC-Ladetechnik substituiert werden.

Veränderte Kompetenzanforderungen

- » Mit der Elektromobilität ergeben sich speziell bei Ingenieurinnen und Ingenieuren ebenso wie IT-Spezialistinnen und -Spezialisten große Chancen, vom Wandel zur Elektromobilität zu profitieren. Experten in den Spezialisierungen Elektrotechnik und Elektronik, Automatisierungstechnik, elektrische Energiesysteme und Informatik zählen zu den bedeutsamsten Qualifikationen für die Elektromobilität.
- » Allgemein dürfen Kompetenzen für die Elektromobilität nicht gesondert betrachtet werden: Durch den Wandel fallen bei der Ingenieurausbildung keine Themenfelder weg, stattdessen kommen neue hinzu. Der Fokus muss daher auf einer fundierten Grundlagenausbildung mit spezieller Förderung der Interdisziplinarität liegen. Unternehmen benötigen Fachkräfte mit Systemverständnis der Elektromobilität.
- » Klassische Studiengänge müssen um spezifische Inhalte im Bereich der Elektromobilität erweitert werden. Hierbei fehlen einschlägige Spezialisierungen oder eigene Studiengänge, welche die vielfältigen Produkte und Services im Bereich Elektromobilität adressieren. Speziell ist ein Know-how Aufbau in technologischen Schwerpunkten, z. B. bei Batterie- und Wasserstofftechnologien, notwendig.

² Umfasst nur direkt Beschäftigte im Bereich der PKW-Produktion (keine Berücksichtigung von Dienstleistungen sowie vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsprozessen).

- » Für qualifizierte Projektmanager ergeben sich ebenfalls große Potenziale. Einhergehend mit den tiefgreifenden Veränderungen in der Wertschöpfungskette durch die Elektromobilität, sind entsprechende Kompetenzen unverzichtbar. Die Ergebnisse zeigen einen großen Qualifizierungsbedarf im Fachgebiet Projektmanagement für die Elektromobilität.

Chancen und Risiken

- » Obwohl der Wertschöpfungsanteil elektrischer Komponenten im PKW bis 2030 im Verhältnis zu mechanischen Komponenten steigt, ist der Weltmarktanteil Österreichs bei mechanischen Komponenten nach wie vor höher als bei elektrischen Komponenten. Eine Chance bietet somit die Stärkung der Kompetenzen in den Bereichen der ÖNACE-Klassen 27 (Herstellung von elektrischen Ausrüstungen) und 26 (Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen) mit dem Ziel, den Weltmarktanteil Österreichs zu halten oder gar zu steigern und zusätzliche Wertschöpfung zu generieren. Gleichzeitig stellen die übrigen ÖNACE-Klassen eine Chance dar, in neue Märkte einzudringen bzw. eine Position Österreichs in diesen zu sichern.
- » Derzeit findet in Österreich nur ein kleiner Teil der Wertschöpfung der elektromobilitäts-spezifischen Komponenten statt. Wenn Österreich seine Weltmarktanteile erhöhen könnte, würde die Traktionsbatterie das größte Steigerungspotenzial beinhalten. Hier gehört zu den Stärken Österreichs die Bedienung von Nischen, welche in der Zukunft z. B. in der Herstellung von Komponenten für die Traktionsbatterie strategisch eingesetzt werden kann.
- » Obwohl die Nähe zu den großen Partnerindustrien für Österreich eine Stärke darstellt, birgt die Abhängigkeit zu diesen Gefahren für die österreichische Wirtschaft. Durch den Wandel in Richtung »Zero Emission Mobility« könnte zudem ein Wegfall der österreichischen Kernkompetenzen drohen, da Elektrofahrzeuge bei der Herstellung eine geringere Komplexität aufweisen.
- » Stärken Österreichs sind das große Know-how und die hohe FuE-Kompetenz sowie die Tatsache, dass ein großer Teil der Wertschöpfungskette in der Herstellung von PKW abgedeckt ist. Dies birgt die Chance, Fachleute im internationalen Kontext bereitzustellen sowie als starker Know-how-Träger zu fungieren. Um dies auch in Zukunft zu gewährleisten, darf der Zug in Richtung Elektromobilität nicht verpasst werden.
- » Ein Risiko birgt daher die derzeit noch mangelnde Ausrichtung der Kompetenzen auf Elektromobilität und die zu starke Fokussierung auf die bestehenden, starken Kompetenzen im konventionellen Bereich der Herstellung von PKW. Der konventionelle Bereich wird auch in Zukunft ein Hauptträger der österreichischen Wirtschafts- und Beschäftigungspotenziale sein, jedoch unter der Prämisse der Weiterentwicklung von Know-how im Bereich der Elektromobilität.
- » Eine der grundlegenden Schwächen ist hierbei eine Ressourcenknappheit seitens der Unternehmen, wobei gerade KMU Schwierigkeiten haben, Personal für die Fortbildung freizugeben.
- » Eine Stärke Österreichs ist die derzeit bereits gut gefestigte Position im Bereich der Leistungselektronik. Da diese in der Zukunft an Bedeutung gewinnt, birgt der Ausbau des Weltmarktanteils Österreichs große Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale.

Handlungsempfehlungen

- » **Batterieinitiative Österreich:** Maßnahmen hinsichtlich der Produktion der Traktionsbatterie bzw. Komponenten daraus bergen ein großes Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenzial für Österreich. Schafft Österreich eine Steigerung des Weltmarktanteils bei der Herstellung von Traktionsbatterie-Komponenten, wäre dies laut den Berechnungen ein enormer Hebel.
- » **Strategische Positionierung in Nischenmärkten:** Die Tiefe und Diversifikation in diesen gehört zu den Stärken Österreichs und sollte auch im Zuge der Elektromobilitätswende zu der klaren Strategie gehören.
- » **Wettbewerbsfähigkeit durch Kooperation:** Um die Elektromobilitätswende voranzutreiben und tiefes sowie umfassendes Know-how aufzubauen, sind Initiativen zur Förderung der Kooperation zwischen Unternehmen unabdingbar. Besonders in den Bereichen des Wissenstransfers und der Qualifizierung ist hier Aktionismus gefragt.
- » **Elektrifizierung im Einklang mit der Digitalisierung:** Diese gehen laut den Umfragen und Experteninterviews Hand in Hand, was die Chancen eröffnet, Lehrpläne entsprechend anzupassen. Ein mögliches Instrument stellt hierbei die Förderung der Gestaltung von Lehrplänen dar.
- » **Technologievorsprung schaffen:** Neu auf den Markt drängende Technologien sollten frühzeitig verfolgt und evaluiert werden. So ist bspw. eine vertiefendere Betrachtung von Technologien für wasserstoffelektrische Fahrzeuge und der österreichischen Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale anzuraten.
- » **Praxisnahe Qualifikation:** Im Bereich der Elektromobilität ist der Ruf aus der Industrie besonders laut, wenn es um die praxisnahe Qualifizierung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern geht. Hier sind besonders nebenberufliche Weiterbildungsmöglichkeiten von Interesse.
- » **Keine Elektromobilität ohne Ladeinfrastruktur:** Diese stellt sowohl einen großen Enabler in Sachen Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale dar als auch den Engpass für den Erfolg der Elektromobilitätswende in Österreich und am Weltmarkt selbst. Daher sind die Investitionen in den Ausbau zukunftsfähiger Ladeinfrastruktur sowie die Bildung des gesetzlichen Rahmens für die Anbringung von Ladeinfrastruktur im privaten und gewerblichen Bereich von großer Bedeutung.

2 EINLEITUNG – STATUS QUO DER ELEKTROMOBILITÄT IN ÖSTERREICH

2.1 Rolle der Elektromobilität für die Erreichung der Klimaziele

Der Ausstieg aus der fossilen Energie im Bereich der Mobilität ist ein wesentlicher Faktor zur Erreichung der Klimaziele in Europa. Auch Österreich bekennt sich nicht nur zum europäischen Ziel, bis 2050 Netto-Nullmissionen zu erreichen, sondern ist auch europarechtlich dazu verpflichtet, bis 2030 die Treibhausgasemissionen in Sektoren außerhalb des Emissionshandels bis 2030 um 36 Prozent gegenüber 2005 zu reduzieren. [7] Eine besondere Rolle kommt hierbei dem Verkehr zu, der immerhin für 47,3 Prozent der Treibhausgasemissionen (ohne Emissionshandel) in Österreich verantwortlich ist (Stand 2018). [8] Umso schwerer wiegt folglich, dass die Treibhausgasemissionen des Verkehrs zwischen 2010 und 2018 um 7,9 Prozent gestiegen sind. [7] EU-weit sind die Emissionen durch den Straßenverkehr von 1990 bis 2018 um 172 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente gestiegen, was den mit Abstand größten Zuwachs aller Sektoren bedeutet. [9]

Der Handlungsbedarf der EU und Österreichs im Besonderen zeigt sich auch anhand der durchschnittlichen CO₂-Emissionen aller neuzugelassenen PKW. Diese nehmen zwar in Österreich seit 2000 kontinuierlich ab, liegen aber mit 123,1 g/km (Stand 2018) nicht nur über dem EU-Durchschnitt, sondern auch noch deutlich über dem Zielwert der EU von 95 g/km ab 2021. [10]

Es lässt sich zusammenfassen, dass zur Erreichung der Ziele zur Reduktion der Treibhausgasemissionen weitreichende Veränderungen in Richtung emissionsarme Mobilität und Energieerzeugung notwendig sein werden. Durch den damit steigenden Bedarf an elektrisch angetriebenen Fahrzeugen ergeben sich auch tiefgehende Veränderungen für die Automobilindustrie. Da dieser Industriezweig in Österreich für fast 35 000 Arbeitsplätze³ und eine jährliche Wertschöpfung in der Höhe von fast 3,5 Mrd Euro verantwortlich ist, können sich daraus deutliche Effekte für die ganze Volkswirtschaft ergeben.

2.2 Profil der österreichischen Automobilindustrie

Die Automobilindustrie in Österreich unterscheidet sich in ihrer Struktur grundlegend von jener in Nachbarländern wie Deutschland oder der Slowakei. Während diese in erster Linie durch die (Endmontage-) Werke großer OEMs dominiert sind, basiert diese in Österreich auf einer starken Struktur von Lieferanten inkl. großer Tier-1-Zulieferer mit lokalen Headquarters sowie Produktions- und FuE-Einrichtungen, wobei der Großteil der Unternehmen der automotiven Zulieferindustrie direkt OEMs (69 Prozent) und Tier-1-Zulieferer (76 Prozent) beliefert. [11] Dementsprechend macht die KFZ-Endfertigung in Österreich verglichen mit der Slowakei nur etwa ein Zehntel des Volumens aus, bietet aber ein starkes Lieferantennetzwerk in strukturierten Clustern. Außerdem wird der Kern der österreichischen Automobilzulieferindustrie im Gegensatz zur Slowakei nicht von internationalen Konzernen, sondern in erster Linie von mittelständischen Unternehmen gebildet. Durch ein für mittelständische Betriebe günstiges Umfeld konnten sich auch einige »Hidden Champions« etablieren, die zu den führenden Betrieben in ihrem speziellen Teilbereich auf den internationalen Märkten zählen und entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu finden sind. Des Weiteren ist hervorzuheben, dass die starke Clusterstruktur, gute Kontakte zu Universitäten und wissenschaftlichen Institutionen und die wichtige Rolle der mittelständischen Unternehmen ein ausgezeichnetes Umfeld für die starken FuE-Aktivitäten der österreichischen Automotive-Branche bilden, was sich auch in hohen FuE-Investitionen zeigt. [12]

³ Umfasst nur direkt Beschäftigte im Bereich der PKW-Produktion (keine Berücksichtigung von Dienstleistungen sowie vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsprozessen).

Allerdings ist festzuhalten, dass die österreichischen Unternehmen noch stark auf die Erzeugung von Verbrennungsmotoren und deren Komponenten ausgelegt sind. So kommen auch Kleeblinder et al. (2018) [13] zum Schluss, dass die österreichische Automobilwirtschaft noch nicht ausreichend auf den Strukturwandel hin zur Elektromobilität ausgerichtet ist und folglich ohne weitere Maßnahmen an Wertschöpfung und Arbeitsplätzen verlieren würde. Dies ist nicht nur dadurch bedingt, dass für batteriebetriebene Fahrzeuge weniger Komponenten nötig sind als für Verbrennungskraftwagen, sondern auch, dass der durchschnittliche Weltmarktanteil österreichischer Unternehmen über alle elektrischen und elektronischen Komponenten etwas niedriger ist. Dementsprechend wären mehr Ressourcen für Fort- und Weiterbildung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zum Aufbau von Kompetenzen im Bereich Elektromobilität wichtig, was insbesondere für KMU eine große Herausforderung darstellen könnte.

In Österreich hätte eine Zunahme an Elektroautos allerdings auch besonders positive Auswirkungen auf die Umweltbilanz, da diese hierzulande mit einem hohen Anteil an erneuerbaren Energien gespeist werden können. Hierfür ist aber jedenfalls eine entsprechend ausgebaute und leistungsfähige Infrastruktur eine Voraussetzung. Mithilfe eines starken politischen Schwerpunktes auf die Reduktion von Treibhausgasen und eines hohen gesellschaftlichen Umweltbewusstseins kann es österreichischen Unternehmen darüber hinaus gelingen, neue Geschäftsfelder im Bereich der Elektromobilität zu generieren. Aufgrund des noch geringen Technologiereifegrads und der Clusterstruktur der Automobilindustrie könnten so leicht noch offene Marktnischen bedient werden.

Durch die niedrigere Komplexität von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu konventionellen Verbrennungskraftwagen besteht allerdings auch die Gefahr der Abwanderung großer OEMs und Tier-1-Zulieferer in Niedriglohnländer, um die hierzulande hohen Arbeitskosten zu vermeiden. [14] Für Österreich besteht hingegen die Chance, Dienstleistungen und Services z. B. im Bereich Forschung und Entwicklung zur Verfügung zu stellen, auch wenn die Produktion bereits abgewandert ist. Weiters ist aus wissenschaftlicher Sicht der Einfluss durch Carsharing oder autonomes Fahren noch nicht quantifizierbar.

Österreichische Unternehmen in der Elektromobilität

Um die Struktur der heimischen Elektromobilitäts-Branche noch besser zu erfassen, wurden Standort, Größe und die Rolle in der Wertschöpfungskette (siehe Kapitel 3.2.1) der Unternehmen, die im Bereich der Elektromobilität aktiv sind, erfasst. Dazu wurden jene 94 Betriebe betrachtet, die von der ARGE Automotive Zulieferindustrie unter der Kategorie »E-Mobility« geführt sind.⁴ Das betrachtete Netzwerk listet nicht alle Unternehmen mit einem Leistungsangebot in der Elektromobilität. Die Analyse dient primär dem Zweck der Identifikation regionaler Clusterverteilungen in der Wertschöpfungskette.

Abbildung 5 zeigt die räumliche Verteilung der Unternehmen in Österreich. Ihre Größe auf der Karte ergibt sich aus ihrer Zuordnung zu Kategorien von 1 bis 4, die der Empfehlung der Europäischen Kommission⁵ zur Definition von Kleinst-, Klein-, Mittel- und Großunternehmen entsprechen. Dabei wurde die Anzahl an Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern am jeweiligen Standort als Kriterium verwendet.

⁴ https://www.metalltechnischeindustrie.at/fileadmin/content/Dokumente/Branchenbetreuung/ARGE_Automotive_Zulieferindustrie/Unternehmer_Netzwerk/Stand_Juli_2020/Kategorie_M_E-Mobility.pdf

⁵ <https://www.wko.at/service/zahlen-daten-fakten/KMU-definition.html>

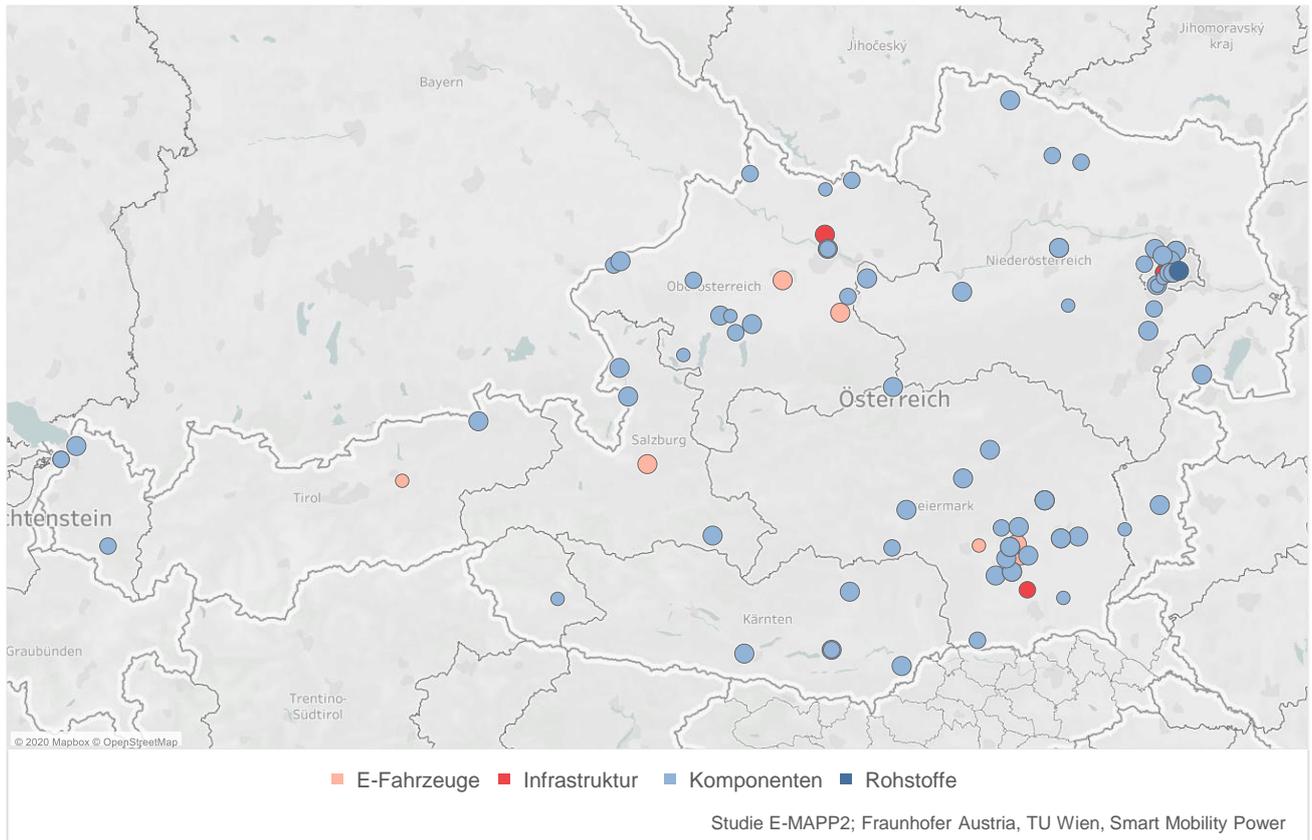


Abbildung 5: Regionale Schwerpunkte der Elektromobilität in Österreich

In Abbildung 6 ist die Anzahl an Unternehmen pro Bundesland und ihre jeweilige Rolle in der Wertschöpfungskette zu erkennen.

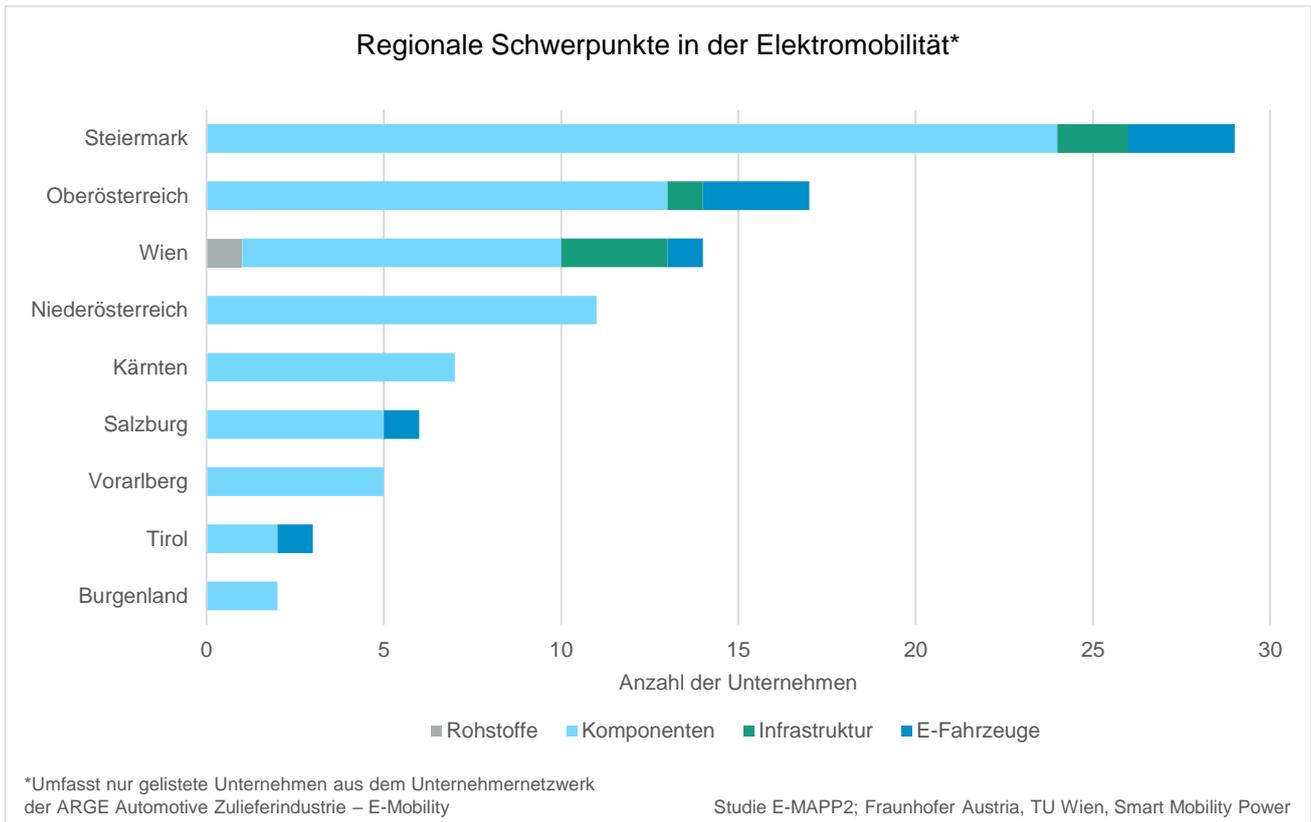


Abbildung 6: Unternehmen pro Bundesland

Es lässt sich erkennen, dass die meisten österreichischen Unternehmen in diesem Sektor in der Komponentenfertigung tätig sind. Nur wenige Unternehmen bieten fertige Elektrofahrzeuge oder Ladeinfrastruktur an. Eine weitere interessante Beobachtung ist, dass sich um Graz ein ausgeprägtes Elektromobilitäts-Cluster gebildet hat. Dementsprechend sind in der Steiermark auch die meisten Unternehmen in Bereichen der Elektromobilität ansässig.

2.3 Zielsetzung und Aufbau dieser Studie

Durch die (global) voranschreitende Transformation der Mobilität in Richtung »Zero Emission«-Mobilität befindet sich u. a. die Automobilindustrie in einem sozio-technologischen Umbruch. In der EU wird dieser Wandel durch die EU-Ziele zur Verringerung der Treibhausgasemissionen beschleunigt. Als Folge wird von den führenden OEMs und Systemlieferanten intensiv in neue FuE-Zentren investiert, um Potenziale dieses Branchenumbrochs nutzbar zu machen. [15] Auch weitere Stakeholder, z. B. die öffentliche Hand, investieren u. a. in den öffentlich zugänglichen Infrastrukturausbau – was jedoch auch zu kritischen Stimmen führt: Es kommen zunehmend Fragen nach dem Return on Investment auf; oder auch Empörung nach einem Abbau von Stellen (siehe TESLA – Abbau von 3 000 Stellen im Januar 2019). So weisen unterschiedliche Studien grundsätzlich positive Wertschöpfungs- und Beschäftigtenpotenziale aus [16] [17]. Durch welche konkreten Maßnahmen die Transformation in und für Österreich positiv genutzt und unterstützt werden kann, wurde bislang nicht untersucht.

Hier knüpft die aktuelle Studie »E-MAPP 2« an: Ziel ist, eine **wissenschaftlich fundierte Argumentationsbasis zur Darstellung der Effekte** der »Zero Emission Mobility« **hinsichtlich zusätzlicher Wertschöpfung und der realisierbaren Anpassung von Berufsfeldern** zu liefern. Die Studie fokussiert damit drei wesentliche Teilziele:

1. Methodische Quantifizierung des Wertschöpfungspotenzials für Elektrofahrzeugkomponenten, Elektrofahrzeuge und elektrische Infrastrukturen (in Mrd €; Anzahl der zusätzlichen Arbeitsplätze in FTE).
2. Beleuchtung des aktuellen Fachkräftemangels aus Sicht der in der Wertschöpfungskette der Elektromobilität tätigen Unternehmen und Ableitung erforderlicher Personal- und Qualifizierungsbedarfe, die für die Umstellung auf eine emissionsfreie Mobilität erforderlich sind.
3. Auf den Ergebnissen der Untersuchung aufbauende Ableitung zweckmäßiger Handlungsempfehlungen für die wichtigsten Stakeholder auf dem Weg zur emissionsfreien Mobilität.

Den dargestellten Zielsetzungen dieser Studie entsprechend, ergibt sich folgender Aufbau der Studie: In Kapitel 3 werden das methodische Vorgehen der einzelnen Studieninhalte sowie die zugrundeliegenden Annahmen und die Datenbasis erläutert. Kapitel 4 erläutert die Ergebnisse der technologischen Analyse und der aus dem Vorgehensmodell ermittelten österreichischen Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale. In Kapitel 5 erfolgt die Auswertung der durchgeführten Onlineumfrage und der Experteninterviews im Rahmen der sozio-ökonomischen Analyse. Basierend auf den Ergebnissen aus den beiden vorhergehenden Kapiteln werden in Kapitel 6 Implikationen und Handlungsempfehlungen für die öffentliche Hand, für Bildungseinrichtungen und Qualifizierungsanbieter und für Industrieunternehmen abgeleitet. In Kapitel 7 werden die Ergebnisse anderen aktuellen Arbeiten gegenübergestellt. Kapitel 8 zeigt den Ausblick sowie die weiteren Forschungsbedarfe auf.

Bezogen auf den dargestellten Informationsgehalt wurde im Verfassen der Studie darauf geachtet, jedes Kapitel für sich eigenständig aufzubauen. Dem Risiko sich wiederholender Aussagen steht eine dem Leser optimierte Verständlichkeit, ohne Notwendigkeit zum Referenzieren zwischen den Kapiteln, gegenüber.

3 METHODISCHES VORGEHEN

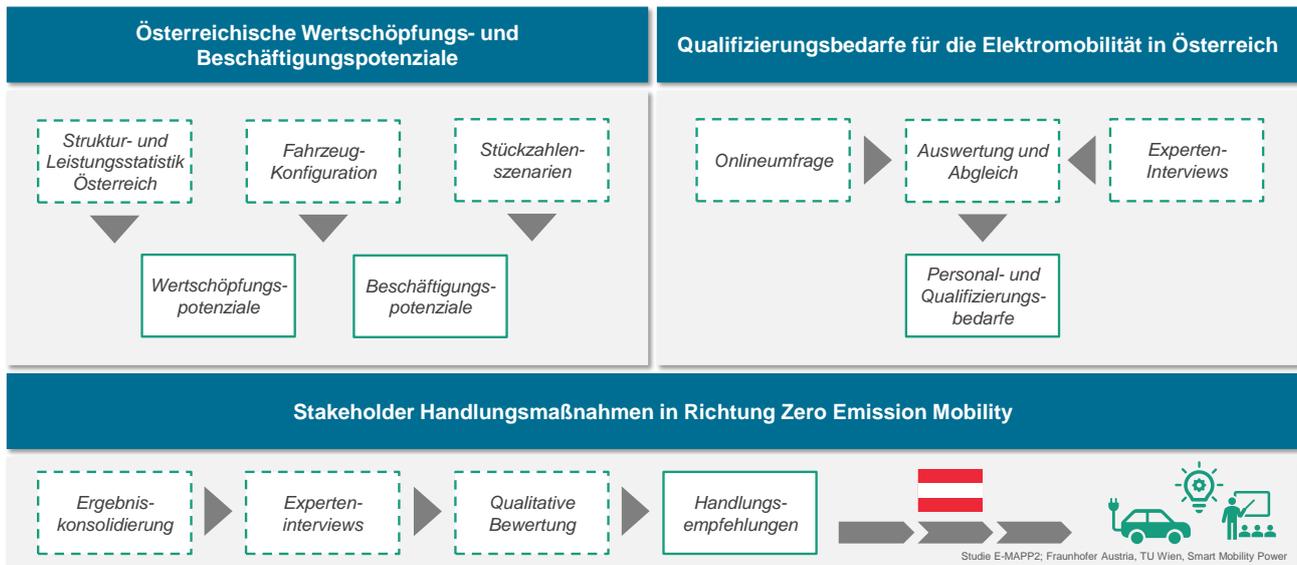


Abbildung 7: Methodik der Studie

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine Nachfolgestudie basierend auf den Studien »Elektromobilität – Chance für die österreichische Wirtschaft« [16] aus 2011 und »E-MAPP – E-Mobility and the Austrian Production Potential« [17] aus 2016. Abbildung 7 zeigt den Gesamtüberblick über das methodische Vorgehen in dieser Studie, welches aus drei wesentlichen Arbeitspaketen besteht.

Der erste Teil der Studie befasst sich mit den **Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenzialen**, die in der österreichischen Wirtschaft entstehen, wenn in der Automobilindustrie ein Wandel in Richtung Elektromobilität stattfindet und die dafür notwendige Infrastruktur aufgebaut wird. Aufbauend auf der Methodik der beiden Vorgängerstudien, werden die derzeit auf dem PKW-Markt gängigsten Antriebsarten auf ihre Subkomponenten heruntergebrochen und jeweils mit einer Stückzahlenprognose bis 2030 hinterlegt. Mithilfe der Herstellkosten pro Subkomponente wird zunächst ein globaler Produktionswert ermittelt, aus dem anschließend mit dem österreichischen Weltmarktanteil ein Produktionswert für Österreich ermittelt wird. Aus diesem nationalen Produktionswert werden unter Berücksichtigung der für den jeweiligen Wirtschaftszweig (ÖNACE) spezifischen Faktoren Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale für den Wirtschaftsstandort Österreich abgeleitet. Ein detaillierter Einstieg in die Methodik wird in Kapitel 3.1 beschrieben.

Neu im Vergleich zu den bisherigen Studien ist der Fokus auf die **Qualifizierungsbedarfe**, die sich durch die Entwicklung der Elektromobilität in Österreich herauskristalisieren. Für diese induktive und explorative Fragestellung wurden verschiedene Instrumente der empirischen Sozialforschung angewandt. Um einen großen Kreis österreichischer Unternehmen in der Elektromobilität zu erreichen, wurde im ersten Schritt eine quantitative Erhebung mittels einer Onlineumfrage durchgeführt. Nachfolgend konnten Experteninterviews durchgeführt werden, um die Resonanz aus der Industrie durch die direkte Befragung von Führungskräften zu ermitteln und Themen bezogen auf zukünftigen Entwicklungen und Bestrebungen im Hinblick auf die Elektromobilitätswende zu ergründen. Eine detaillierte Beschreibung der Methodik und der Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer erfolgt in Kapitel 3.2.

Der letzte Teil der Studie widmet sich der Darstellung von Handlungsempfehlungen für die wichtigsten Stakeholder in **Richtung »Zero Emission Mobility«**. Hierzu wurden die Ergebnisse der oben beschriebenen methodischen Studienteile durch die Projektpartnerinnen und -partner konsolidiert, diskutiert, aufbereitet und in konkrete Handlungsempfehlungen überführt. Um die Ergebnisse zu validieren wurden die Experteninterviews herangezogen, ebenso wie weitere Workshops mit ausgewählten Expertinnen und Experten der österreichischen Industrie. Im Folgenden werden die angewandte Methodik und Vorgehensweise zur Erreichung der Projektziele im Detail vorgestellt.

3.1 Technologische Analyse – Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale

3.1.1 Übersicht der methodischen Vorgehensweise

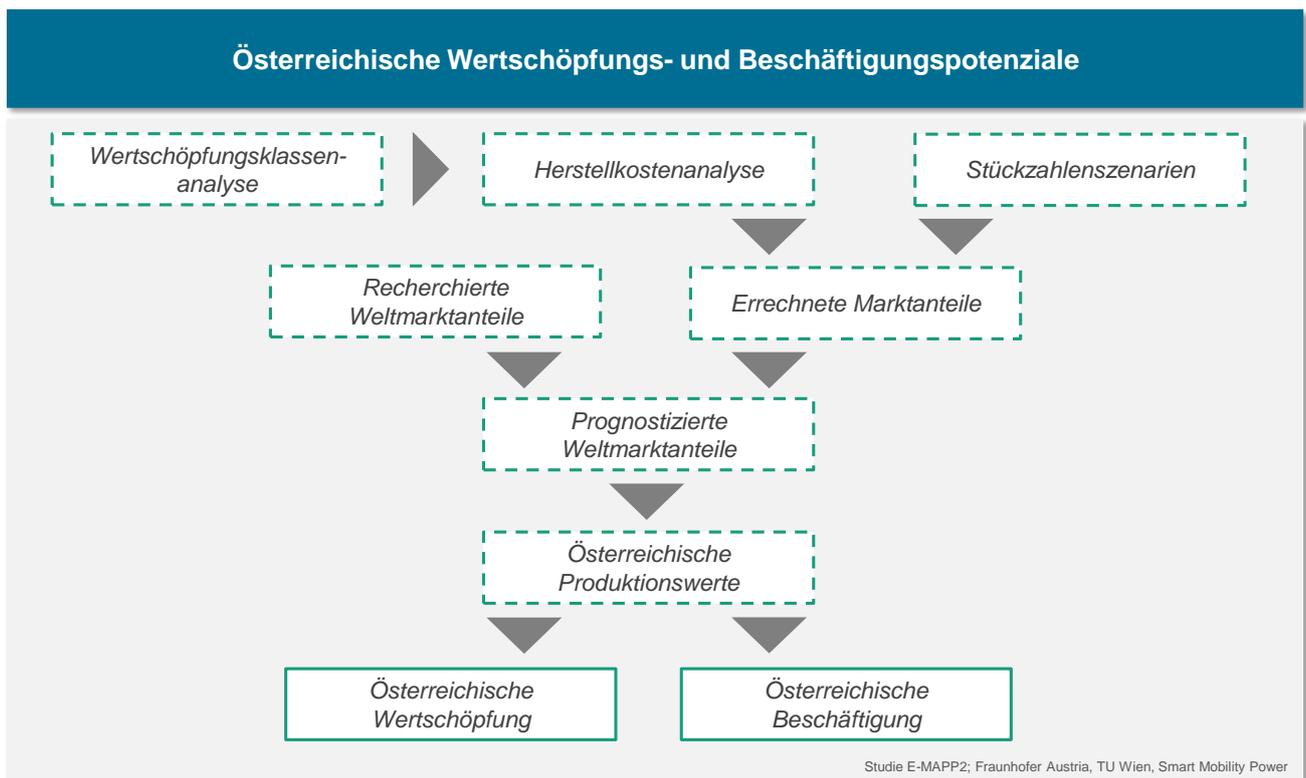


Abbildung 8: Vorgehensweise zur Ermittlung österreichischer Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale

Die Basis und damit den Einstiegspunkt für die Ermittlung von Wertschöpfungspotenzialen in Österreich bilden die **Antriebsarten** (Abbildung 10), die derzeit auf dem PKW-Markt angeboten und mit hoher Wahrscheinlichkeit auch in den nächsten Jahren den Markt dominieren werden. Für diese Studie wurden fünf Fahrzeugtypen anhand ihres Antriebsstrangs ausgewählt. Diese sind konventionelle Benzin- und Dieselfahrzeuge, Hybride (HEV), Plug-in-Hybride (PHEV), batteriebetriebene Fahrzeuge (BEV) sowie Brennstoffzellenelektrofahrzeuge (FCEV). Zunächst wird jeder dieser Fahrzeugtypen in »Elektromobilitäts-relevante« Hauptkomponenten heruntergebrochen. Alle übrigen Komponenten, die sich unter den Fahrzeugtypen nicht unterscheiden, bilden das Basisfahrzeug. Um eine Vergleichbarkeit der Fahrzeugtypen untereinander zu gewährleisten (z. B. Größeneffekte), wird jedem Fahrzeugtyp ein Referenzfahrzeug zugewiesen, für das bei jeder Komponente eine spezifische Eigenschaft (Leistung, Größe etc.) hinterlegt wird. Diese Größenkennwerte für jede Komponente der einzelnen Fahrzeugtypen werden in weiterer Folge als **Leistungsdaten** bezeichnet und sind über die Betrachtungsjahre 2020, 2025 und 2030 veränderlich. Ausgehend von diesen Leistungsdaten, wird in vier Schritten (Stellhebel) ein Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenzial ermittelt (siehe Abbildung 9).

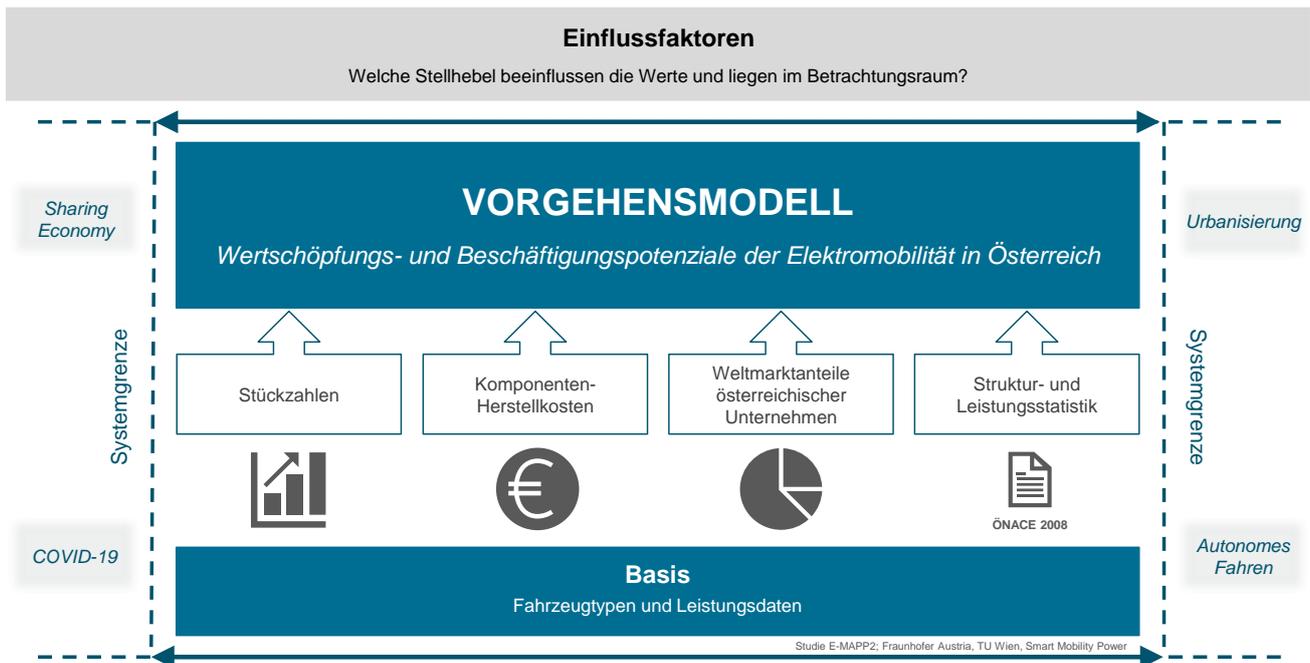


Abbildung 9: Einflussfaktoren auf das Vorgehensmodell & Systemgrenze

Zunächst wird im Modell ein **Stückzahlenszenario** (siehe Kapitel 3.1.3) hinterlegt, dass die Entwicklung der globalen PKW-Verkaufszahlen für den jeweiligen Fahrzeugtyp bis 2030 abbildet. Dieses Stückzahlenszenario bildet zusammen mit den Leistungsdaten einen **globalen Bedarf der spezifischen Eigenschaft** (Leistungsbedarf, Volumenbedarf etc.) pro Hauptkomponente ab. Dieser globale Bedarf bildet später die Basis, um einen weltweiten Produktionswert auf Komponentenebene unter Berücksichtigung von Größeneffekten zu quantifizieren.

Im nächsten Schritt werden die Hauptkomponenten (mit Ausnahme des Basisfahrzeuges) so weit in Subkomponenten heruntergebrochen, bis diese eindeutig einem Wirtschaftszweig nach ÖNACE-Klassifikation [18] zugeordnet werden können. Anschließend werden allen Subkomponenten Kosten zugeteilt. Diese **Komponentenkosten** bilden die Herstellkosten der Komponenten in Abhängigkeit der im Referenzfahrzeug definierten Eigenschaft (Leistung, Größe etc.) ab. Zusammen mit den im vorhergehenden Schritt ermittelten globalen Bedarfen bilden diese Komponentenkosten einen **globalen Produktionswert** (in Euro) auf Subkomponentenebene ab. Die Komponentenkosten werden über die drei Betrachtungsjahre (2020, 2025, 2030) als veränderlich angenommen, um Kostendegressionseffekte zu berücksichtigen. Eine detaillierte Erläuterung zum Vorgehen der Ermittlung der Komponentenkosten befindet sich in Kapitel 3.1.4. Aufgrund der internationalen Verflechtung automobiler Wertschöpfungsketten wird das österreichische Wertschöpfungspotenzial anhand eines **österreichischen Weltmarktanteils** an jeder Subkomponente ermittelt. Der zuvor ermittelte globale Produktionswert wird mit dem Weltmarktanteil der Subkomponente auf einen **österreichischen Produktionswert** heruntergebrochen. Die Vorgehensweise zur Ermittlung der Weltmarktanteile findet sich in Kapitel 3.1.5.

Zuletzt wird mithilfe der **Strukturstatistik jeder ÖNACE-Klasse** der österreichische Produktionswert je Subkomponente zu einer österreichischen Wertschöpfung heruntergerechnet. NACE (ÖNACE spez. für Österreich) bezeichnet dabei ein System zur Klassifizierung von Wirtschaftszweigen innerhalb der Europäischen Union. Anhand von statistisch erfassten Daten zu Beschäftigung, Produktionswert und Wertschöpfung innerhalb jeder ÖNACE-Klasse wird ein Schlüssel (Factor) ermittelt, der die Höhe der Wertschöpfung an jedem Euro Produktionswert innerhalb des jeweiligen Wirtschaftszweiges festlegt. Dieser Schlüssel liefert zusammen mit dem Produktionswert eine Wertschöpfung auf Subkomponentenebene.

Die **Systemgrenzen** dieser Studie sind ebenfalls in Abbildung 9 ersichtlich. Es ist zu beachten, dass die in dieser Studie errechneten Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale sich ausschließlich auf die direkten Effekte bezogen auf die Herstellung von Komponenten für PKW und der Ladeinfrastruktur beziehen. Diese Effekte sind berechnet für die Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale, welche sich in Österreich ergeben, um den Mengenbedarf weltweit zu decken. Dienstleistungs- und Servicebereiche sowie vor- und nachgelagerte Schritte im Wertschöpfungsprozess werden in dieser Studie ausgeklammert und bedürfen einer gesonderten Betrachtung. Es ist davon auszugehen, dass sich weitere Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale aus der Betrachtung dieser indirekt betroffenen Industrien ergeben. Trends, wie zum Beispiel das autonome Fahren, die Sharing Economy und die Urbanisierung sowie die Effekte von COVID-19 sind außerhalb der Systemgrenzen dieser Studie und werden damit nicht betrachtet. Ebenfalls zu beachten ist die Tatsache, dass der Fokus dieser Studie auf die Perspektive der Wertschöpfung gelegt wird. Energiepolitische Aspekte, wie zum Beispiel die Quantifizierung von Emissionen durch die Mobilitätswende waren hierbei nicht Teil des Studieninhaltes.

3.1.2 Betrachtete Antriebsarten und Ermittlung der Referenzfahrzeuge

In den letzten Jahren zeigt sich ein zunehmender Trend zur Elektrifizierung des Antriebsstrangs: vom Mild-Hybrid bis zum vollelektrischen (batterieelektrischen) oder Brennstoffzellenelektrofahrzeug. Bei dieser Entwicklung haben sich einige Konfigurationen des Antriebsstrangs als besonders vielversprechend erwiesen. Diese lassen sich nach ihrem Elektrifizierungsgrad wie folgt einteilen (siehe auch Abbildung 10):

- » Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor (VKM)
- » Hybridfahrzeuge (HEV)
- » Plug-in-Hybridfahrzeuge (PHEV)
- » Batterieelektrische Fahrzeuge (BEV)
- » Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV)

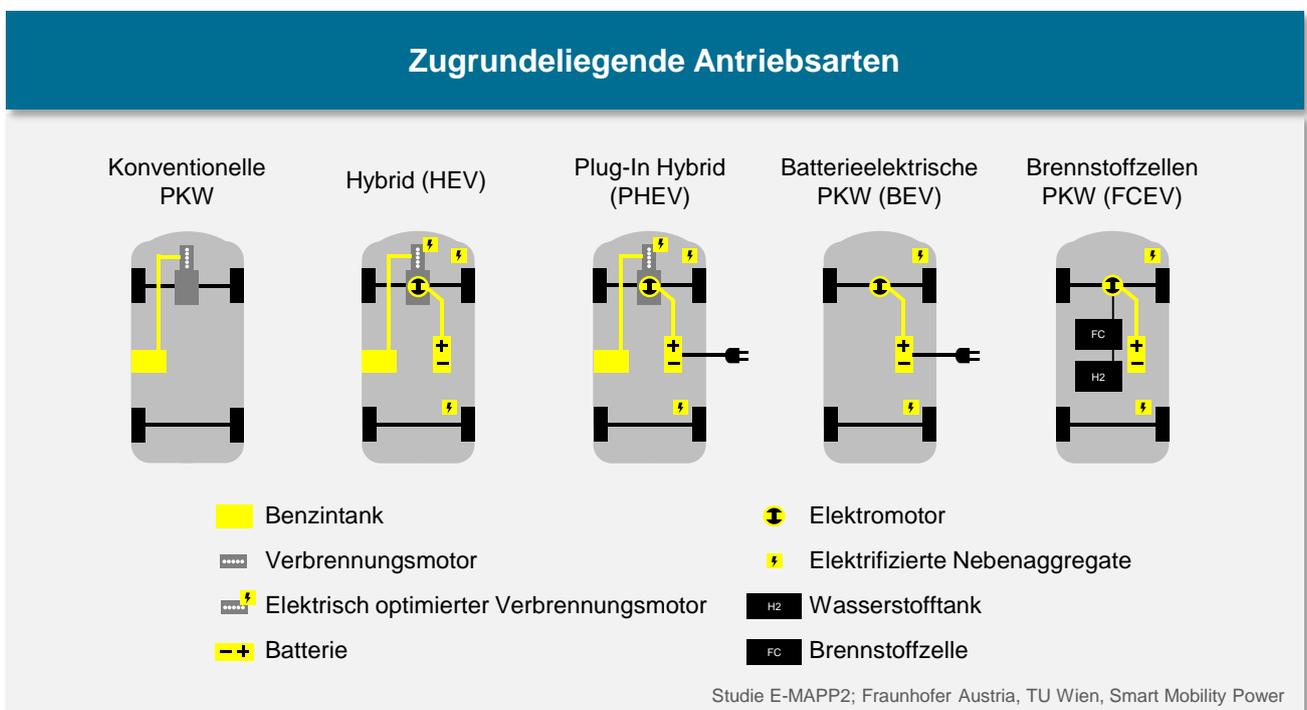


Abbildung 10: Betrachtete Antriebsarten nach Elektrifizierungsgrad in Anlehnung an [19]

Fahrzeuge mit VKM bilden derzeit die größte Gruppe sowohl im Fahrzeugbestand als auch den Neuzulassungen in Österreich, Europa und weltweit. Durch die Flottengesetzgebung [20] müssen immer strengere CO₂-Emissionsgrenzen erfüllt werden, wodurch in den letzten Jahren eine Weiterentwicklung der VKM in Kombination mit einem E-Antrieb erfolgte. Derartige Hybridfahrzeuge (HEV) können in ihrer Funktion eine einfache Unterstützung der VKM oder eine vollelektrische Fahrt für wenige Kilometer bzw. geringe Geschwindigkeiten ermöglichen. Ein wesentlicher Vorteil dieser Antriebsart sind die Möglichkeiten der Bremsenergieerückgewinnung (Rekuperation) und Phlegmatisierung (Reduktion von Spitzenlasten der VKM), die je nach E-Antriebsleistung den größten Teil der Verbrauchseinsparung ausmachen können. Steht zunehmend der E-Antrieb im Vordergrund und besteht zusätzlich die Möglichkeit, die Batterie extern zu laden, so wird von einem Plug-in-Hybridfahrzeug (PHEV) gesprochen. Diese Fahrzeuge verfügen über eine größere Batterie als HEV, wodurch die rein elektrische Fahrt (je nach Batterie) für ca. 50 Kilometer möglich ist. Entfällt der Verbrennungsmotor komplett, so wird von einem batterieelektrischen Fahrzeug (BEV) gesprochen, welches über eine deutlich größere Batterie verfügt und somit eine höhere elektrische Reichweite aufweist. Brennstoffzellenelektrofahrzeuge (FCEV) verfügen über eine Brennstoffzelle (meistens mit Wasserstoff betrieben) und Wasserstofftanks sowie eine kleinere Batterie als BEV. FCEV werden mit Wasserstoff betankt, ähnlich wie ein VKM-Fahrzeug, und können mit oder ohne elektrische Lademöglichkeit ausgeführt sein. Die letzten beiden Antriebsarten BEV und FCEV sind zu 100 Prozent elektrisch und erzeugen keine lokalen Emissionen.

In dieser Studie werden die oben gezeigten Antriebsarten betrachtet. Alternative Kraftstoffe werden nicht betrachtet. Zur Ermittlung des Wertschöpfungspotenzials werden die Kosten der einzelnen Antriebsarten benötigt. Dafür wird für jede Antriebsart ein repräsentatives Referenzfahrzeug festgelegt. Es wird erwartet, dass sich die Referenzfahrzeuge aufgrund der schnellen technischen Entwicklungen, insbesondere beim BEV, über den Betrachtungszeitraum der Studie (2025 und 2030) ändern. Zur Berücksichtigung der Entwicklung bis 2025 bzw. 2030 wird jedes Referenzfahrzeug in den Jahren 2020, 2025 und 2030 betrachtet, wodurch sich in Summe 15 Referenzfahrzeuge (fünf Antriebsarten, je drei Jahre) ergeben.

Die Festlegung der Referenzfahrzeuge im Jahr 2020 erfolgt für jede Antriebsart anhand der Recherche typischer Fahrzeuge, die für die europäische und damit für die österreichische Wirtschaft von Bedeutung sind.

Bei den **VKM-Fahrzeugen** sind aufgrund der historischen Entwicklung unzählige Fahrzeugmodelle und Varianten (von Kompakt bis SUV, Motorleistung etc.) verfügbar. Aufgrund des Fokus der Studie auf die österreichische Wirtschaft erfolgt hier eine Betrachtung der europäischen Fahrzeughersteller (für Österreich am relevantesten) im Jahr 2018. Die betrachteten Fahrzeughersteller und Marken werden entsprechend ihrer Stückzahlen im Jahr 2018 [21] gewählt, wobei nur Hersteller mit über einer Million verkauften Fahrzeugen berücksichtigt wurden. Diese sind:

- » Volkswagen Gruppe: Volkswagen, Audi, Skoda, Seat [22]
- » Renault Gruppe: Renault, Renault/RSM, Dacia/Renault [23]
- » PSA: Peugeot, Citroen, Opel Vauxhall [24]
- » Daimler: Mercedes Benz [25]
- » BMW: BMW, MINI [26]

Aufgrund der Vielzahl an Fahrzeugen und Varianten der oben genannten Hersteller werden nur Modelle betrachtet, von denen mehr als 150.000 Stück im Jahr 2018 produziert wurden, was ca. 70 Prozent der verkauften Fahrzeuge der oben genannten Hersteller entspricht. Des Weiteren werden Modellvarianten mit mehr als 200 kW Motorleistung vernachlässigt, da diese keine für die Flotte repräsentativen Fahrzeuge darstellen. Aus den analysierten 50 Fahrzeugmodellen mit im Schnitt neun Varianten wurde ein durchschnittliches Fahrzeug (entsprechend den Verkaufszahlen der Modelle gewichtet) berechnet. Dieses entspricht in Motorleistung und Leergewicht sehr genau einem VW Golf 2.0 TDI, weswegen dieses Fahrzeug als VKM-Referenzfahrzeug ausgewählt wurde.

Aufgrund der gesetzlichen Vorgaben der CO₂-Reduktion ist in den nächsten Jahren ein starker Trend zur Hybridisierung des Antriebsstrangs zu erwarten. Hierbei werden hauptsächlich konventionelle VKM weiterentwickelt und um einen E-Antrieb ergänzt. Aufgrund der Ähnlichkeit von VKM und HEV wurde daher das **HEV-Referenzfahrzeug** auf Basis des VKM-Referenzfahrzeugs modelliert und um einen für HEV typischen E-Antrieb erweitert.

Bei den **Plug-in-Hybriden (PHEV)** ergibt sich aufgrund des batterieelektrischen Fahranteils im Zyklus ein sehr geringer Verbrauch. Gerade Fahrzeuge mit höheren Leistungen bzw. Gewichten profitieren von der Verbrauchersparnis dieser Antriebsart. Aus diesem Grund sind zahlreiche Fahrzeuge im mittleren bis höheren Segment Plug-in-Hybride, Kompaktfahrzeuge jedoch kaum. Zur Ermittlung des PHEV-Referenzfahrzeugs wurden Fahrzeuge aus verschiedenen Segmenten (Mittelklasse, Oberklasse, SUV; mittlerer bis hoher Preis) und mit unterschiedlichen Antriebsausführungen betrachtet:

- » Toyota Prius Plug-in [27]
- » Audi A3 e-tron [28]
- » Audi Q5 TFSI e [29]
- » Mercedes-Benz S 560 e [30]
- » Volvo XC90 T8 Twin Engine [31]
- » Skoda Superb iV [32]

Die Analyse der Fahrzeuge hat gezeigt, dass die elektrische Reichweite bei allen Fahrzeugen ca. 50 Kilometer beträgt, die Batteriegröße jedoch aufgrund des Fahrzeugsegments (Mittelklasse vs. SUV) stark variiert. Des Weiteren zeigen sich starke Unterschiede im Verhältnis der Leistungen des VKM- und E-Antriebs. Auch die absoluten Leistungszahlen sind aufgrund der unterschiedlichen Segmente und Antriebsauslegungen stark gestreut. Es wurde daher aus den oben betrachteten Fahrzeugen ein durchschnittliches Fahrzeug gebildet, welches als PHEV-Referenzfahrzeug dient.

Bei den **batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV)** hat die Analyse der verkauften Fahrzeuge gezeigt, dass diese derzeit stark vom Marktstart neuer Modelle (z. B. Audi e-tron, Tesla Model 3) geprägt sind, was sich monatlich bzw. jährlich ändert. Aus diesem Grund bieten die Verkaufszahlen eines Jahres keinen repräsentativen Überblick über ein typisches BEV. Gleichzeitig sind BEV in allen Segmenten vertreten, weswegen ein repräsentatives Fahrzeug alle Segmente abbilden muss. Es wurde daher je ein typisches Fahrzeug aus drei Segmenten (klein, mittel, groß) gewählt:

- » Audi e-tron [33]
- » Nissan Leaf [34]
- » Smart Fortwo EV [35]

Aus diesen drei Fahrzeugen wurde ein mittleres Fahrzeug (mit 55kWh-Batterie) gebildet, welches als BEV-Referenzfahrzeug dient.

Beim **Brennstoffzellenantrieb (FCEV)** existieren derzeit nur sehr wenige Serienfahrzeuge. Das meistverkaufte Fahrzeug ist der Toyota Mirai [36], welches in einer Kleinserie produziert wird. Da sich dieses Fahrzeug im Mittelklasse-Segment befindet und zum Zeitpunkt der Studiererstellung das einzige Serienfahrzeug mit relevanter Stückzahl war, wurde dieses als Basis für das FCEV-Referenzfahrzeug verwendet. Die Tankkapazität beträgt 5 Kilogramm H₂. Die Batterie wurde durch eine Lithium-Ionen-Batterie ersetzt, da der Toyota Mirai über eine NiMH-Batterie verfügt (was auch in früheren Toyota Prius-Modellen der Fall war), was für Fahrzeuge mit E-Antrieb (und damit FCEV) nicht mehr State of the Art ist und bei zukünftigen FCEV nicht zu erwarten ist. Die Brennstoffzelle des Toyota Mirai weist eine höhere Leistung auf als die E-Maschine selbst, was in den meisten FCEV-Antriebskonzepten nicht der Fall ist und auch zukünftig nicht erwartet wird. Ein möglicher Grund dafür liegt in den Eigenschaften der NiMH-Pufferbatterie, welche über eine niedrige Kapazität und niedrige Leistung verfügt, wodurch der Betriebsbereich der Batterie eingeschränkt ist und daher die Brennstoffzelle den Spitzenleistungsbedarf übernehmen muss. Diese Antriebsauslegung wird in zukünftigen FCEV nicht erwartet, weswegen die Brennstoffzellenleistung im Verhältnis zur E-Maschine wie beim neueren Mercedes-Benz GLC F-Cell [37] gewählt wurde.

Bei der **Entwicklung bis 2025 und 2030** wird bei den VKM-, HEV- und PHEV-Fahrzeugen angenommen, dass diese dem bisherigen Trend der kontinuierlichen Erhöhung der Motorleistung bei allen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor folgt. Durch niedrigere Batteriekosten, verbesserte Batterietechnologie und die Kundenanforderung nach mehr Reichweite werden beim BEV größere durchschnittliche Batterien erwartet. Es werden daher 75 Kilowattstunden im Jahr 2025 bzw. 100 Kilowattstunden im Jahr 2030 angenommen. Beim FCEV wird durch Skalierungseffekte eine deutliche Kostenreduktion erwartet, weswegen eine steigende durchschnittliche Tankkapazität angenommen wurde: 6 Kilogramm H₂ 2025 bzw. 7 Kilogramm H₂ 2030.

3.1.3 PKW-Stückzahlenszenarien nach Antriebsart

Die Anzahl der global verkauften PKW hängt sehr stark von der globalen wirtschaftlichen Situation ab. So schwankt die Entwicklung der letzten 20 Jahre immer wieder. Insbesondere bei Wirtschaftskrisen ist ein deutlicher Einbruch zu erkennen. Der langjährige Trend der Fahrzeugverkäufe ist jedoch ansteigend, wobei in den letzten Jahren eine Reduktion dieses Anstiegs stattgefunden hat. Nach [1] und [eigenen Berechnungen] war der jährliche Anstieg der letzten 20 Jahre bei rund 1 Mio Fahrzeuge pro Jahr, wobei der Anstieg in den ersten Jahren höher und in den letzten Jahren niedriger bzw. stagnierend war. Es wird davon ausgegangen, dass es sich bei dem abgeschwächten Trend der letzten Jahre um eine, wie oben beschrieben, kurzfristige wirtschaftliche Entwicklung handelt, weswegen für den jährlichen Anstieg der verkauften Fahrzeuge der langfristige Trend von 1 Mio Fahrzeuge pro Jahr angenommen wird. Für das Bezugsjahr 2020 ergibt sich daraus ein Wert von ca. 80 Mio jährlich verkauften Fahrzeugen.

Aufgrund der weltweit strengeren gesetzlichen Vorschriften wird für die nächsten Jahre ein steigender Anteil an elektrifizierten Antrieben erwartet. Es wird davon ausgegangen, dass sich ein hoher Anteil an HEV, PHEV und BEV einstellt. Bei FCEV wird ein geringer Anteil erwartet, da hier noch Entwicklungen im Bereich der Brennstoffzellen-relevanten Antriebsteile (vor allem hinsichtlich Kosten) und der Infrastruktur (Wasserstofftankstellen) erforderlich sind. Für die Aufteilung der verkauften Fahrzeuge nach Antriebsart von 2020 bis 2030 wurden Werte aus Statistiken, Experteneinschätzungen und Studien verwendet. Die Verkaufszahlen nach Antriebsarten des Bezugsjahres 2020 wurden mit [2], [3] und [eigenen Berechnungen] ermittelt. Die zukünftige Aufteilung der Verkaufszahlen nach Antriebsarten basiert auf [4], [5] und [6]. Diese Werte wurden in das oben beschriebene Stückzahlenszenario eingefügt. Das Ergebnis ist in Abbildung 11 zu sehen.

Es ist zu erkennen, dass 2030 ein Anteil von 23 Prozent BEV an den weltweit verkauften PKW erwartet wird. Insgesamt sind ca. 64 Prozent der Antriebe elektrifiziert (HEV, PHEV, BEV, FCEV), und 76 Prozent der verkauften PKW verfügen über einen Verbrennungsmotor (VKM, HEV, PHEV). Daraus lässt sich ableiten, dass für die Wertschöpfung bis 2030 elektrifizierte Komponenten stark an Bedeutung gewinnen, aber auch verbrennungsmotorische Komponenten nach wie vor einen hohen Anteil aufweisen und damit einen hohen Beitrag zur Wertschöpfung und Beschäftigung leisten.

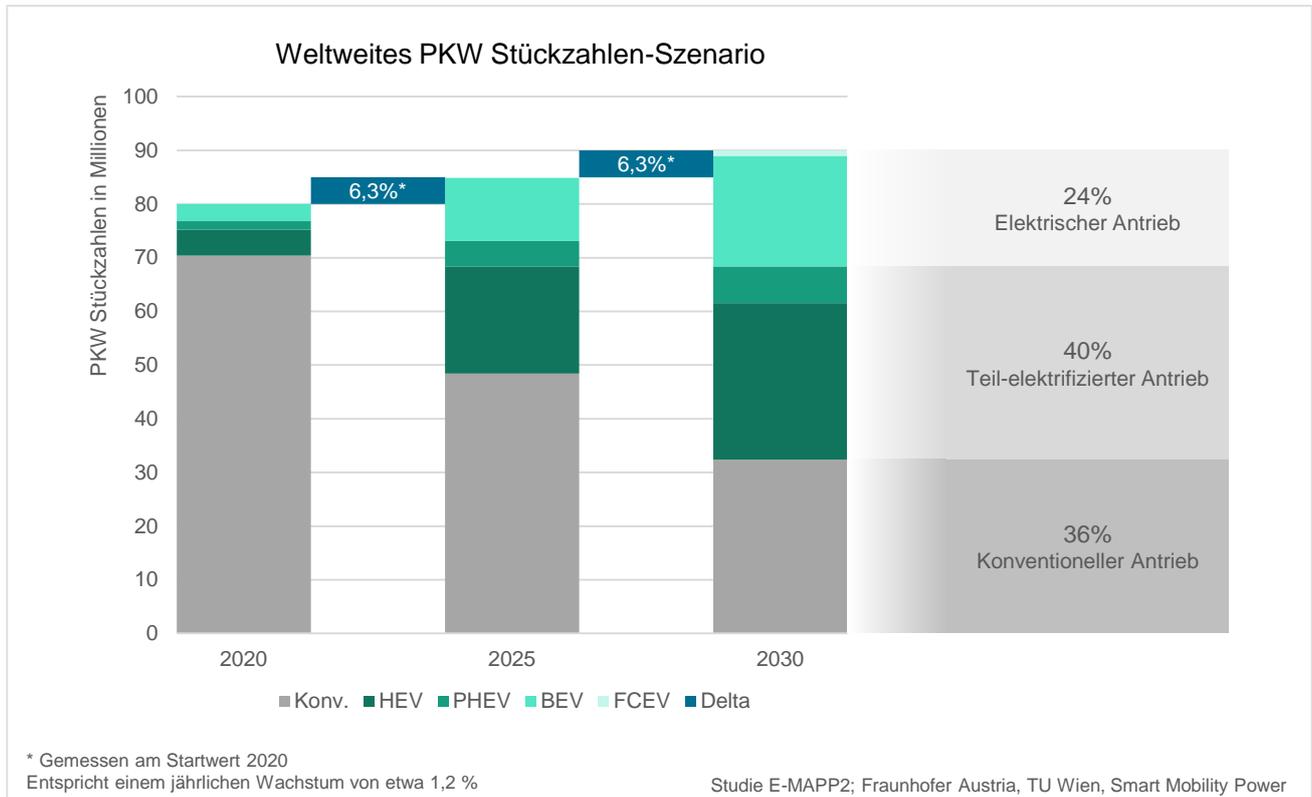


Abbildung 11: Stückzahlenszenario der verkauften PKW nach Antriebsart bis 2030 [1], [2], [3], [4], [5], [6], [eigene Berechnungen]

3.1.4 Aktualisierung der Komponentenkosten aus der Vorstudie E-MAPP [2]

Zur Bestimmung des Wertschöpfungspotenzials der einzelnen Fahrzeugantriebe werden wie in der Vorstudie E-MAPP [17] die Einzelkomponenten der Referenzfahrzeuge betrachtet. Dazu werden die Kosten der einzelnen Komponenten bestimmt und auf das gesamte Referenzfahrzeug hochgerechnet. Mit den Komponentenkosten kann mithilfe von ÖNACE-Klassen und dem Weltmarktanteil Österreichs das Wertschöpfungspotenzial bestimmt werden. Die Kosten der einzelnen Komponenten sind daher von großer Bedeutung, weswegen diese im Vergleich zur Vorstudie E-MAPP [17] aktualisiert wurden. Die Aktualisierung der Komponenten erfolgte in drei Schritten.

Im ersten Schritt wurden die Komponenten entsprechend des State of the Art der Antriebs- und Fahrzeugtechnologie aktualisiert und ggf. ergänzt, wodurch die Komponentenliste um beispielsweise die oben gezeigte Infrastruktur erweitert wurde.

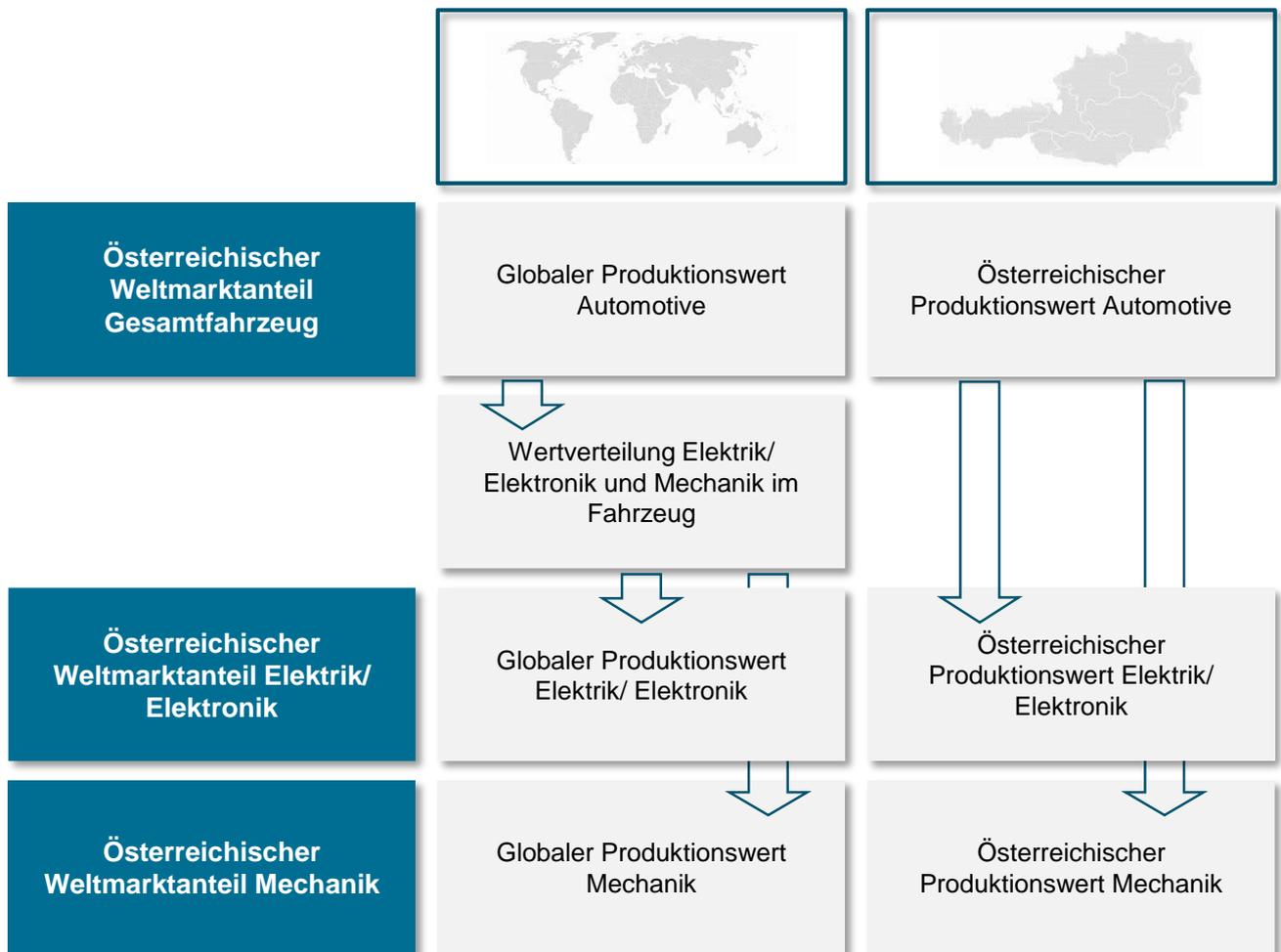
Im zweiten Schritt wurden mithilfe einer ausführlichen Recherche, Experteninterviews, Daten von kleineren sowie größeren Zulieferfirmen und Fahrzeugherstellern sowie Studien und Dissertationen die Komponentenkosten aktualisiert.

Im dritten Schritt wurde anhand von Experteninterviews und Studien die Änderung der Kosten der Einzelkomponenten bis 2020 und 2030 abgeschätzt. Bei den Experteninterviews hat sich gezeigt, dass bei den verbrennungsmotorischen und mechanischen Komponenten eine Kostenreduktion von ca. 20 Prozent bis 2030 erwartet wird. Der Grund dafür liegt im steigenden Kostendruck, einerseits durch die zunehmende Elektrifizierung, wodurch konventionelle Bauteile billiger werden müssen, damit komplexere bzw. teurere Lösungen kompensiert werden können. Andererseits zeigt sich eine wachsende Konkurrenz durch neue globale Unternehmen, die einen zusätzlichen Kostendruck erzeugen. Eine Möglichkeit zur Kostenreduktion besteht durch eine zunehmende Modularisierung (mehr baugleiche Teile) und Reduktion der Varianten. Es wurde daher basierend auf Experteninterviews für die mechanischen und verbrennungsmotorischen Komponentenkosten im Jahr 2025 eine Kostenreduktion von 10 Prozent und im Jahr 2030 eine von 20 Prozent im Vergleich zum Bezugsjahr 2020 angenommen. Bei der für elektrifizierte Antriebe bedeutendsten Komponente, der Lithium-Ionen-Batterie, wird davon ausgegangen, dass sich eine deutlich stärkere Kostenreduktion von ca. 30 Prozent bis 2025 und eine von 40 Prozent bis 2030 (auf Basis 2020) auf Pack-Ebene (d. h. Batteriezellen inkl. Gehäuse, Kühlung, Elektronik etc.) erzielen lässt [38]. Der Grund dafür liegt in der verbesserten Produktion sowie der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Lithium-Ionen-Zelltechnologie.

Aufgrund der zahlreichen Komponenten und deren Einzelteile ist es an dieser Stelle nicht möglich, die Detailergebnisse der Aktualisierung der Komponentenkosten zu zeigen. Diese finden Eingang in die Berechnung des Wertschöpfungspotenzials, welches in Kapitel 4 detailliert (auch nach Komponenten unterschieden) gezeigt wird.

3.1.5 Vorgehen zur Ermittlung österreichischer Weltmarktanteile

Aufgrund der internationalen Verflechtung automobiler Wertschöpfungsketten, in die die zuliefergeprägte österreichische Automobilindustrie eingebunden ist, ist es notwendig, aktuelle Weltmarktanteile Österreichs an der globalen Wertschöpfung in der Automobilindustrie zu ermitteln. Hierzu wurden zwei Ansätze gewählt: Zum einen wurden die Weltmarktanteile für bestehende Komponenten, also Komponenten, die in Österreich bereits heute in großen Stückzahlen produziert werden, stückzahlbasiert ermittelt. Zum anderen müssen die aufgrund der geringen Stückzahlen statistisch noch nicht erfassbaren Weltmarktanteile bei Komponenten der Elektromobilität abgeschätzt werden. Hierzu wurde der Ansatz gewählt, die Gesamtwertschöpfung der Automobilindustrie folgendermaßen zu unterteilen: Wertschöpfung im Bereich elektrischer/elektronischer Komponenten und Wertschöpfung im Bereich mechanischer Komponenten. Dies erlaubt die Berechnung sogenannter Startwerte für Marktanteile der jeweiligen technologischen Schwerpunkte und somit eine Beschreibung der grundsätzlichen Ausrichtung bzw. Struktur der nationalen Wertschöpfung der Automobilindustrie. Neben eigenen Analysen fließen in diese Berechnung die Daten der technischen Detailanalyse sowie statistische Daten der Statistik Austria und der Internationalen Organisation der Kraftwagenhersteller (OICA) ein. Abbildung 12 stellt die Vorgehensweise zur Ermittlung eines repräsentativen österreichischen Weltmarktanteils neuer Komponenten dar.



Studie E-MAPP2; Fraunhofer Austria, TU Wien, Smart Mobility Power

Abbildung 12: Vorgehensweise zur Ermittlung der österreichischen WMA für Fahrzeugkomponenten [2]

3.1.6 Infrastruktur-Stückzahlenszenarien nach Ladeleistung bzw. Tankstellengröße

Als Grundlage für eine weitere Elektrifizierung des Verkehrs, und der damit verbundenen steigenden Stückzahl von BEV, PHEV und FCEV, ist der Ausbau der benötigten Infrastruktur unabdingbar. Für die Klassen VKM und HEV ist keine weitere Infrastruktur notwendig, da diese ausschließlich klassisch (mit Kraftstoff) betankt werden. Für BEV und PHEV ist eine Ladeinfrastruktur notwendig, um den elektrischen Betrieb zu ermöglichen. Das FCEV braucht mit den Wasserstoff-tankstellen eine weitere neue Art der Infrastruktur.

Bei der **Ladeinfrastruktur** wird in dieser Studie nach der Ladeleistung, damit auch nach der Technologie, unterschieden, da diese einen wesentlichen Parameter hinsichtlich Leistung und Energiemenge während der Nutzung (Ladedauer) sowie Kosten darstellt. Des Weiteren wird nach dem Ort (städtisch/ländlich, eigener Stellplatz/öffentlich), an dem die Ladestelle errichtet wird, unterschieden, da hier die Kosten stark voneinander abweichen können. Die betrachteten Ladestellenorte und Ladeleistungen werden in folgende Gruppen zusammengefasst:

- » Eigener Stellplatz, ländlich, langsam: 2,3–22 kW AC
- » Eigener Stellplatz, städtisch, langsam: 2,3–22 kW AC
- » Öffentlich, ländlich & städtisch, langsam: 2,3–22 kW AC
- » Öffentlich, ländlich & städtisch, mittel: 44 kW AC, 50 kW DC
- » Öffentlich, ländlich & städtisch, schnell: 100–350 kW DC

Die Zusammenfassung in die oben gezeigten Gruppen erfolgte aufgrund des Errichtungsortes sowie der ähnlichen Nutzungsweise, Ladestellenanzahl und Kostenstruktur (zum Teil baugleiche Lösungen bzw. ähnliche Kostenhöhe). Die Kategorien »öffentlich, ländlich & städtisch, langsam« und »mittel« beinhalten auch teil-öffentliche sowie Arbeitsplatzladestellen.

Bei der Anzahl der benötigten Ladepunkte wird davon ausgegangen, dass jedes BEV und PHEV über eine Ladestelle verfügt, die sich am eigenen Stellplatz oder am für die **Heimladung** typischen Stellplatz (kann auch teil-öffentlich sein) befindet. Für die Aufteilung dieser Ladestellen auf die oben genannten Kategorien wurde die Verteilung aus [39] verwendet:

- » Eigener Stellplatz, ländlich, langsam: 65 %
- » Eigener Stellplatz, städtisch, langsam: 5 %
- » Öffentlich, ländlich & städtisch, langsam: 30 %

Diese Verteilung ergibt sich aus der Verfügbarkeit eigener Stellplätze im ländlichen und städtischen Bereich in Österreich. Es wird angenommen, dass die Verteilung im für die österreichische Wirtschaft relevanten Markt für Ladestellen ähnlich ist, weswegen diese Verteilung verwendet wird.

Die Anzahl der **öffentlichen Ladestellen** wird entsprechend der Richtlinie 2014/94/EU [40], in der die Anzahl der öffentlichen Ladepunkte mit 10 Prozent des BEV-Bestands empfohlen wird, angenommen. Für die Verteilung der öffentlichen Ladestellen entsprechend der oben gezeigten Gruppen wird folgende Annahme getroffen:

- » Öffentlich, ländlich & städtisch, langsam: 60 %
- » Öffentlich, ländlich & städtisch, mittel: 30 %
- » Öffentlich, ländlich & städtisch, schnell: 10 %

Dabei wird davon ausgegangen, dass langsame und mittlere Ladestellen aufgrund der Kosten vor allem am Zielort überwiegen (beispielsweise Ladestellen am Arbeitsplatz). Die Errichtung von schnelleren Ladestellen wird vor allem entlang von Hauptverkehrsrouten oder bei stark frequentierten Orten erwartet.

Für die jährliche Neuerrichtung von Ladestellen ist der BEV- und PHEV-Bestandzuwachs erforderlich. Da hierbei der weltweite Bestandzuwachs betrachtet wird und Flottenberechnungsmodelle üblicherweise nur einzelne Länder betrachten, ist eine Abschätzung der Bestandentwicklung zusätzlich erschwert. Da im Betrachtungszeitraum von 2020 bis 2030 ein starker Anstieg an BEV und PHEV erwartet wird, ist im Verhältnis zum Bestand nur eine geringe Anzahl an Fahrzeugen zu erwarten, die in diesem Zeitraum das Lebensdauerende erreichen. Aus diesem Grund erfolgt die Abschätzung des weltweiten Bestandzuwachses an BEV und PHEV über die jährlich verkauften Fahrzeuge, womit die jährlich neu errichteten Ladestellen für BEV und PHEV ermittelt werden. Diese vereinfachte Flottenbetrachtung wurde mit PROVEM 3.0 (eigens entwickeltes Programm des IFA zur Prognose der Flottenentwicklung [41]) validiert, wobei sich aufgrund der stark steigenden Neuzulassungen kaum Unterschiede gezeigt haben.

Das Ergebnis für die Anzahl der Ladestellen je nach Gruppe ist in Abbildung 14 zu finden. Die Gesamtanzahl der verkauften Ladestellen entspricht aufgrund der gewählten Annahmen dem 1,1-fachen der jährlich verkauften BEV und PHEV. Damit eine höhere Durchdringung von BEV und PHEV erzielt werden kann, ist eine Erhöhung der Ladestellenerrichtung in näherer Zukunft und damit eine Verschiebung der Produktion zu früheren Zeitpunkten ein mögliches Mittel. Damit würden die Errichterinnen und Errichter der Ladeinfrastruktur »in Vorleistung treten«, indem mehr Ladestellen errichtet werden, als zum jeweiligen Zeitpunkt benötigt werden. Diese Verschiebung der Produktion und damit der Wertschöpfung in Richtung Gegenwart wird in dieser Studie nicht betrachtet.

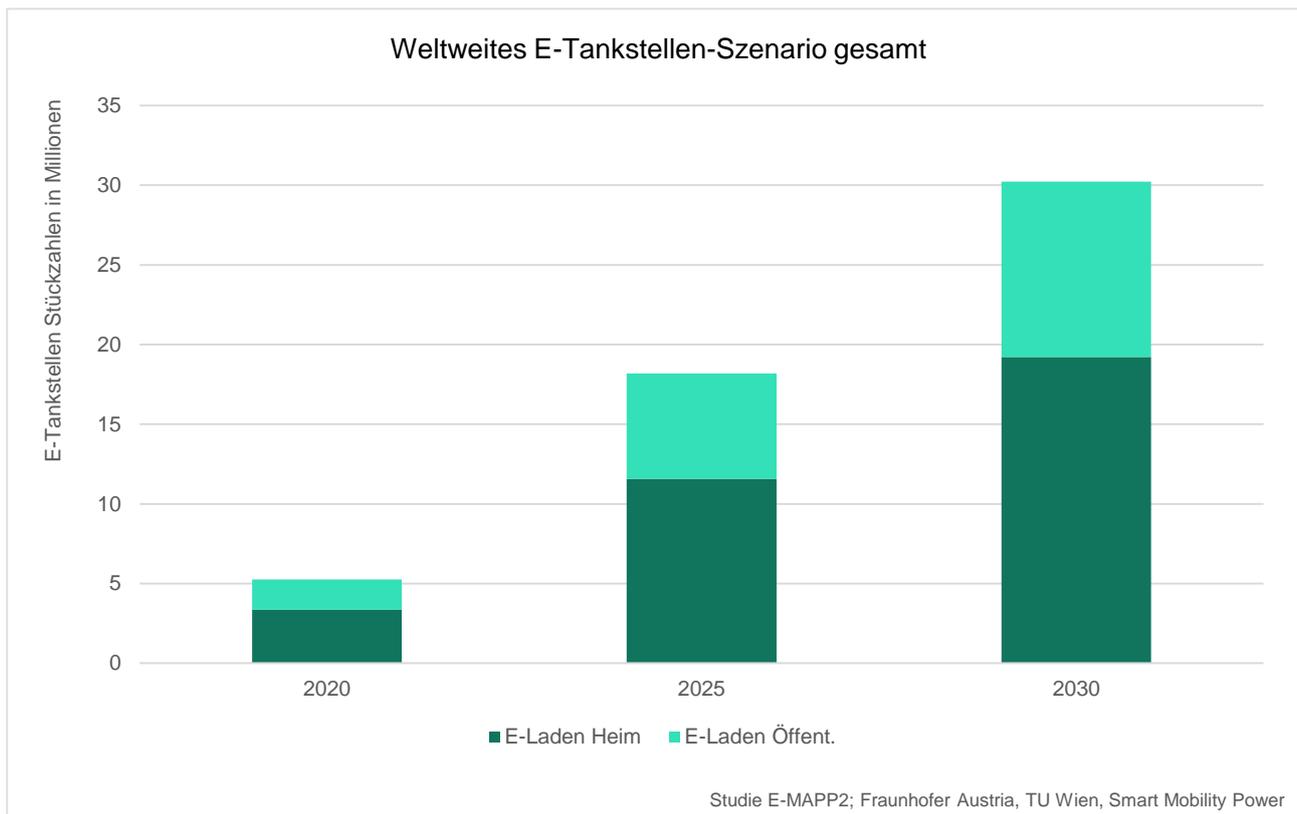


Abbildung 13: Weltweites Stückzahlscenario der Ladeinfrastruktur nach Errichtungsort [39], [40], [eigene Berechnungen]

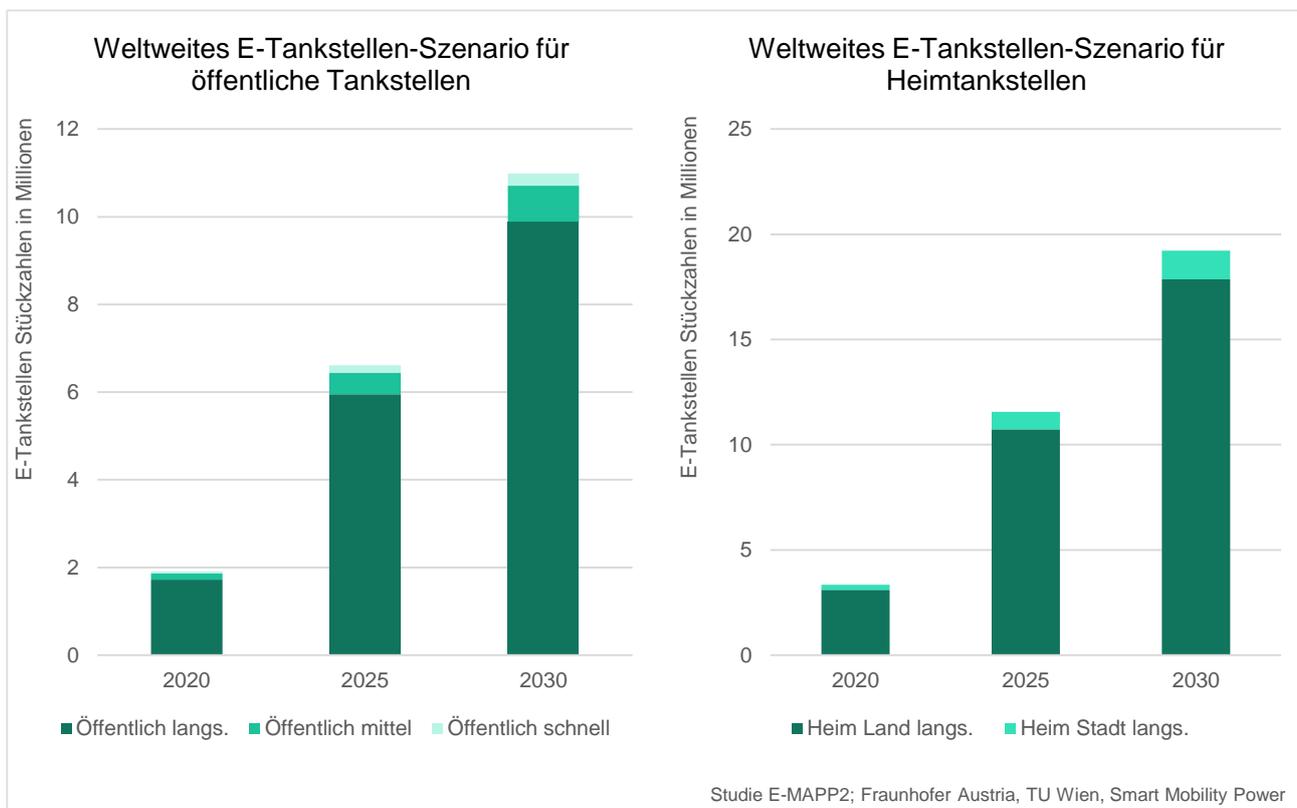


Abbildung 14: Weltweites Stückzahlscenario der Ladeinfrastruktur nach Ladeleistung [39], [40], [eigene Berechnungen]

Bei der **Wasserstoffinfrastruktur** wird ähnlich wie bei der Ladeinfrastruktur eine Aufteilung nach der Tankstellengröße durchgeführt. Der Errichtungsort wird dabei nicht betrachtet. Aufgrund der großen Anzahl an existierenden Varianten und Größen von Wasserstofftankstellen werden in dieser Studie basierend auf [42], [43], [44], [45] folgende Kategorien verwendet:

- » XS+S-Stationen: <80 kg H₂/Tag
- » M-Stationen: 400 kg H₂/Tag
- » L+XL-Stationen: 1000–2000 kg H₂/Tag

Für die jährlichen Neuerrichtungen von Tankstellen pro Fahrzeug werden die Werte aus [44] verwendet und auf die jährlich verkauften FCEV in dieser Studie hochgerechnet. Die daraus resultierende Anzahl an Wasserstofftankstellen ist in Abbildung 15 zu sehen. Es ist zu erkennen, dass in den nächsten Jahren nur wenige neu errichtete Wasserstofftankstellen erwartet werden, was auf die Skalierung auf die niedrige Anzahl an verkauften FCEV (1 Prozent der verkauften PKW in 2030) zurückzuführen ist. Wie auch bei der Ladeinfrastruktur erwähnt, könnte eine frühere Errichtung der Wasserstoffinfrastruktur erfolgen, damit die Durchdringung von FCEV erhöht wird. Diese Verschiebung der Produktion und daher der Wertschöpfung in Richtung Gegenwart wird in dieser Studie nicht betrachtet.

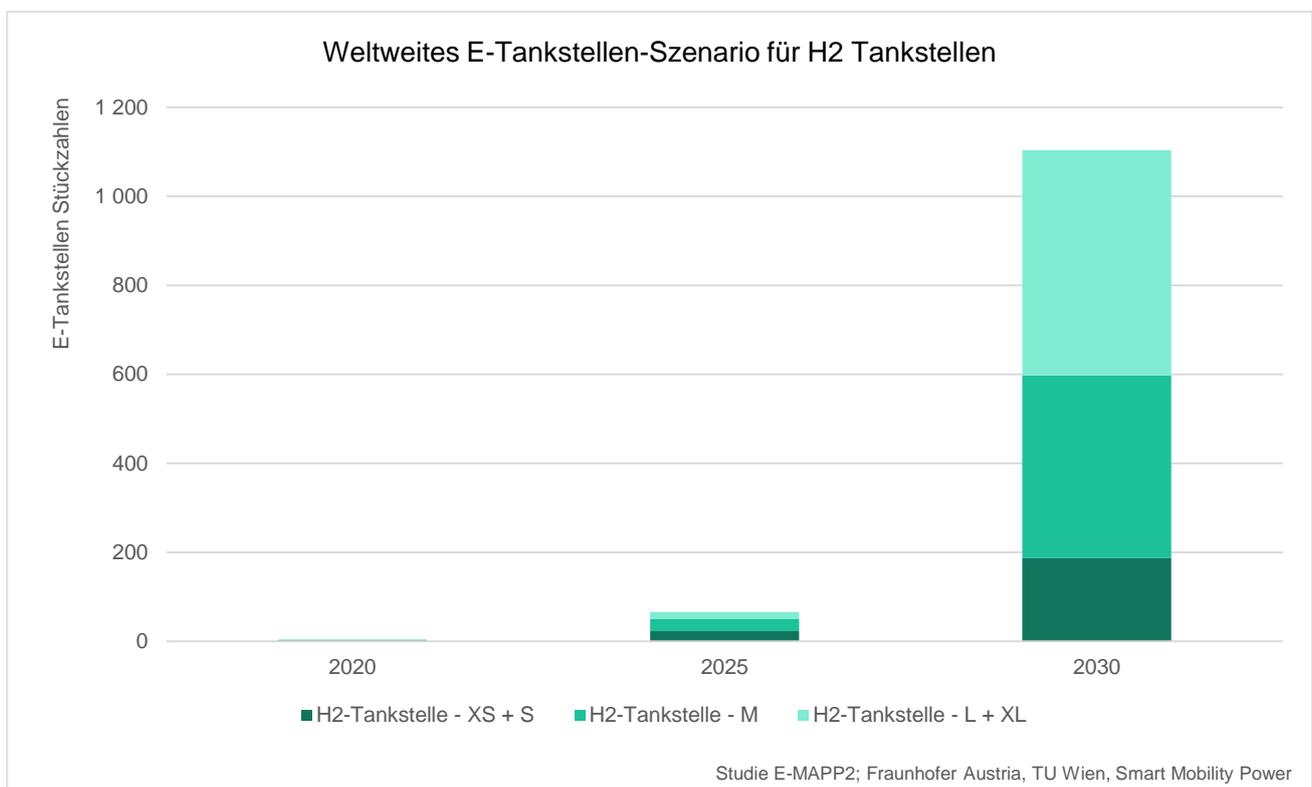


Abbildung 15: Stückzahlenszenario der Wasserstoff-Infrastruktur nach Tankstellengröße [42], [43], [44], [45], [eigene Berechnungen]

3.2 Sozio-ökonomische Analyse – Personal- und Qualifizierungsbedarfe

3.2.1 Übersicht der methodischen Vorgehensweise

Die induktive Analyse der Personal- und Qualifizierungsbedarfe basiert auf quantitativen als auch qualitativen Instrumenten der empirischen Sozialforschung.

In einem ersten Schritt wurde der Fachkräftemangel explorativ aus Sicht der im Bereich der Elektromobilität tätigen Unternehmen erhoben. Dabei stand die Frage im Vordergrund, welche aktuellen und zukünftig zu erwartenden Fachkräftebedarfe bestehen und durch welche Anforderungen diese Bedarfe gekennzeichnet sind. Die Datenbasis wird durch eine standardisierte und anonymisierte Onlineumfrage gebildet, anhand derer eine größere Anzahl an Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Elektromobilität erreicht werden konnte. Neben den wertmäßig zu erfassenden Qualifizierungsbedarfen zielt die Onlineumfrage durch Integration zahlreicher Eingabemöglichkeiten auf die Erhebung weiterführender qualitativer Informationen ab. Den Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern war damit beispielsweise die Möglichkeit gegeben, neben einer rein quantitativen Angabe von Fachkräftemängeln genaue Spezifikationen zu vertiefenden Themenstellungen anzuführen. Damit konnte der Informationsgehalt der Umfrageergebnisse gesteigert werden. Als Zielgruppe der Onlineumfrage wurden Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Elektromobilität mit Wirkungsbereich in Österreich definiert. Eine vereinfachte Darstellung der zugrundeliegenden Wertschöpfungskette, anhand welcher die Umfrageteilnehmerinnen und -teilnehmer sich einordnen konnten, ist in Abbildung 16 gegeben.

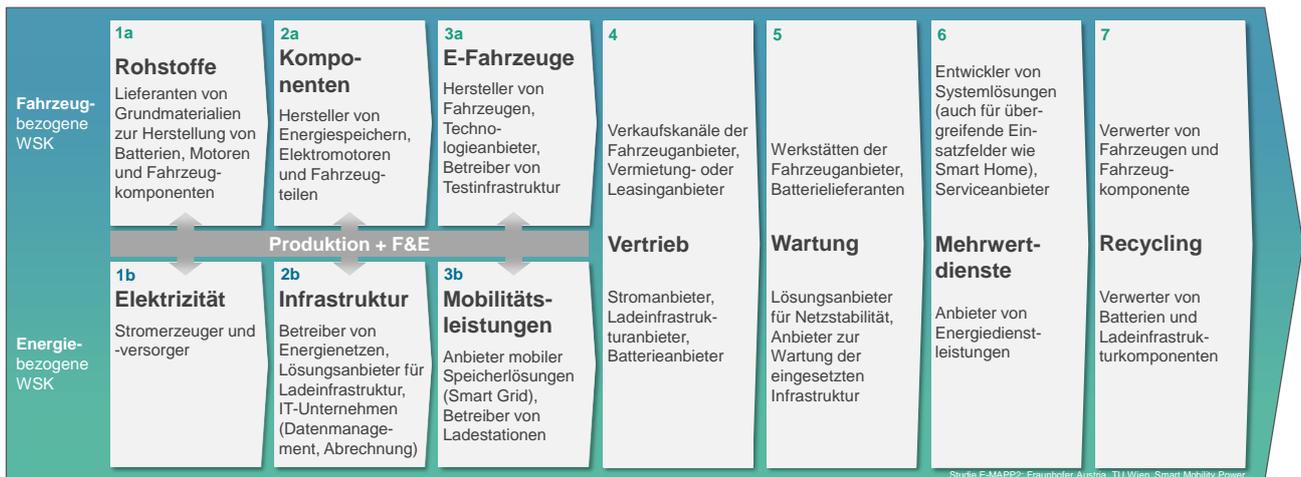


Abbildung 16: Wertschöpfungskette der Elektromobilität in Anlehnung an [46]

Hinsichtlich der Unternehmensgröße der Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden keine Eingrenzungen vorgenommen. Damit soll ein breites Spektrum an Herausforderungen aufgenommen und die Zuordnung von Maßnahmen zu spezifischen Unternehmensgruppen erleichtert werden. Die spezifizierte und adressierte Zielgruppe stellt Geschäftsführerinnen und Geschäftsführer, Entwicklungs- und Personalleiterinnen und -leiter sowie weitere Funktionen mit Personalverantwortung und einer Schnittstelle zur Elektromobilität in den Vordergrund.

Im zweiten Schritt der Untersuchungsmethodik wurden Personal- und Qualifizierungsbedarfe in tiefergehenden Experteninterviews mit ausgewählten Unternehmen erhoben. Dabei lag der Fokus der leitfadengestützten Experteninterviews darauf, aufgestellte Hypothesen aus den Ergebnissen der Onlineumfrage im direkten Gespräch zu überprüfen. Diese Vorgehensweise soll sicherstellen, dass die relevantesten Handlungsfelder im Bereich Personal und Qualifizierung identifiziert und entsprechende sinnhafte Maßnahmen definiert werden.

Dem angeführten Zweck der Interviews entsprechend, ist der zugrundeliegende Interviewleitfaden in Fragen und Aufbau der Onlineumfrage angelehnt. Darüber hinaus wurde den Interviewpartnerinnen und -partnern im Sinne eines teilstrukturierten Interviews die Möglichkeit gegeben, frei über eigene Herausforderungen im Bereich der Elektromobilität zu berichten. Die Zielgruppe setzt sich äquivalent zur Onlineumfrage aus Funktionen mit Personalverantwortung und Wirkungsbereich in der Elektromobilität zusammen.

3.2.2 Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer – Onlineumfrage

Auswahlgesamtheit und Rücklaufquote

Entsprechend der minimal zu erwartenden Rücklaufquote sowie dem COVID-19-bedingten Zeitpunkt der Studiererstellung, wurden für die Kontaktaufnahme der Unternehmen gezielt mehrere Kanäle verwendet. Dazu zählen unter anderen:

- » Recherche potenzieller Teilnehmerinnen und Teilnehmer und telefonische Kontaktaufnahme,
- » Direktansprache der eigenen Kontakte über E-Mail und Social Media,
- » Aussendung der Onlineumfrage mittels Newsletter Tool,
- » Aussendung der Onlineumfrage über Multiplikatoren.

Etwa 300 Unternehmen wurden direkt aufgefordert, an der Onlineumfrage teilzunehmen. Über die Zuhilfenahme der Multiplikatoren liegt die Anzahl angeschriebener Unternehmen bei über 500. In Summe wurden 53 Fragebögen mit zumindest einer Frage ausgefüllt. Dies entspricht bei einer angenommenen Stichprobe von mindestens 500 Unternehmen einer Rücklaufquote von 10,6 Prozent.

Beschreibung der Stichprobe

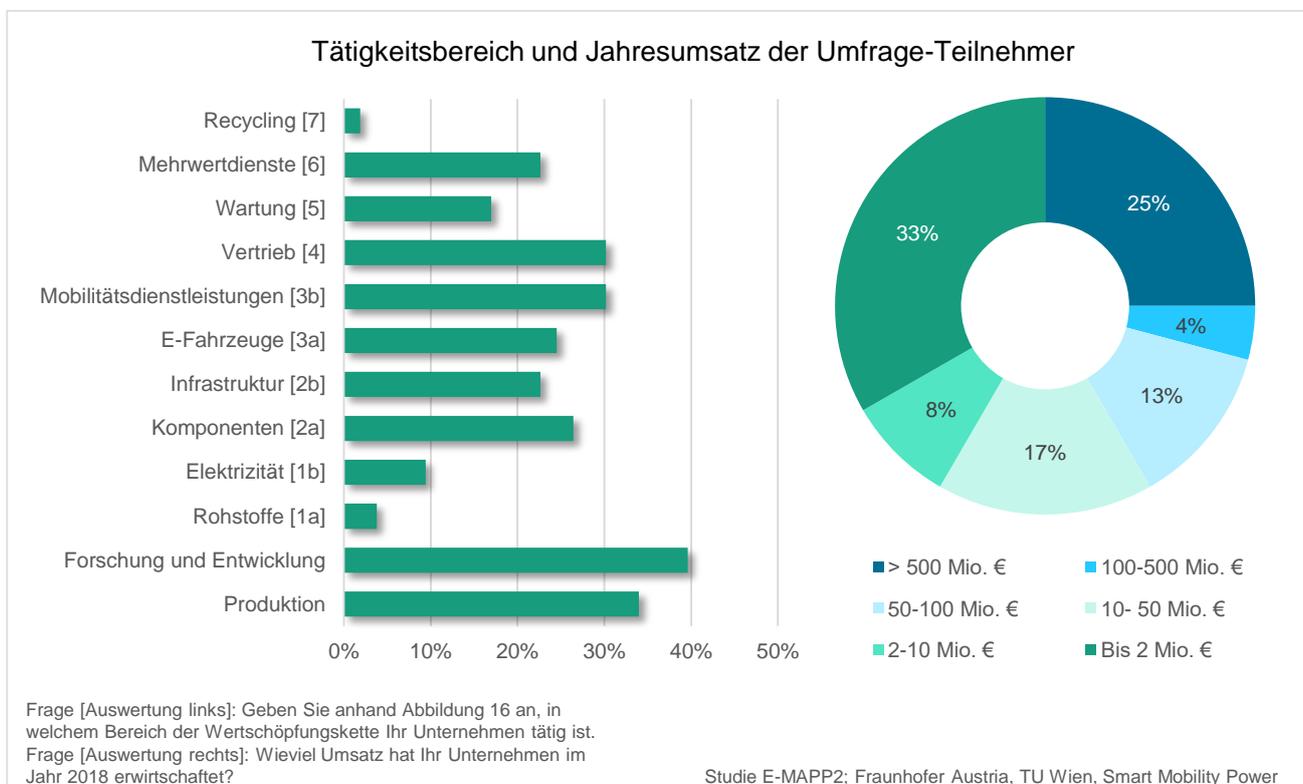


Abbildung 17: Geschäftsprofil der Umfrageteilnehmerinnen und -teilnehmer

Etwa ein Drittel der Teilnehmerinnen und Teilnehmer sind in der Produktion von Komponenten für die Elektromobilität tätig. Dabei entfallen etwa gleiche Anteile (ca. 25 Prozent) auf fahrzeugbeziehungswise infrastrukturspezifische Komponenten. Fast 40 Prozent der Teilnehmerinnen und Teilnehmer betreiben darüber hinaus Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. 30 Prozent der Teilnehmerinnen und Teilnehmer sind im Vertrieb sowie im Bereich der Mobilitätsdienstleistungen tätig. Zwischen 4 und 9 Prozent der Umfrageteilnehmerinnen und -teilnehmer sind in den vorgelagerten Stufen der Wertschöpfungskette, in der Lieferung von Rohstoffen und Grundmaterialien sowie im Bereich der Stromerzeugung ansässig.

Bezogen auf die Unternehmensgröße – ausgedrückt anhand des Jahresumsatzes – konnte ebenfalls ein diversifiziertes Teilnehmerfeld für die Umfrage gewonnen werden. Ein Drittel der Teilnehmerinnen und Teilnehmer ist der Klasse der Kleinstunternehmen bis zu einem Jahresumsatz von 2 Mio Euro zuzuordnen. Ein Viertel des Teilnehmerfeldes erzielt einen Jahresumsatz von über 500 Mio Euro. Die verbleibenden 42 Prozent der Teilnehmerinnen und Teilnehmer lassen sich zwischen diesen beiden Grenzen einordnen.

Gemessen an der Position der Umfrageteilnehmerinnen und -teilnehmer im Unternehmen, stellen Geschäftsführerinnen und Geschäftsführer mit 36 Prozent den größten Anteil. Darauf folgen mit 50 Prozent der Teilnehmerinnen und Teilnehmer weitere Führungskräfte in FuE (18 Prozent), Vertrieb (11 Prozent), Marketing (7 Prozent), Produktion und Personal (je 4 Prozent) und Sonstiges (6 Prozent). Den verbleibenden Anteil der Teilnehmerinnen und Teilnehmer stellen Fachkräfte in genannten Funktionsbereichen.

Dem Wandel zur Elektromobilität stehen die Umfrageteilnehmerinnen und -teilnehmer im Großteil positiv gegenüber: 79 Prozent gehen von einer steigenden Marktdurchdringung aus, sodass der Markt stetig attraktiver wird. Auf der anderen Seite teilen 21 Prozent die Annahme, dass sich der Markt aufgrund geringer Fortschritte in den letzten Jahren maximal in einer Nische entwickeln wird. Demensprechend werden Investments in die Elektromobilität erst getätigt, sobald die Anzahl an Neuzulassungen signifikant ansteigen sollte. Von den befragten Unternehmen geben 72 Prozent an, bereits ein Leistungsangebot in der Elektromobilität aufgebaut zu haben.

3.2.3 Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer – Experteninterviews

Auswahl der Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer

Für die Expertengewinnung der Interviews wurden potenzielle Partnerinnen und Partner gezielt ausgewählt und über Direktansprachen per E-Mail sowie über telefonische Kontaktaufnahme angesprochen. Bei der Auswahl für die vorliegende Studie interessanter Partnerinnen und Partner stand das Ziel im Vordergrund, Unternehmen in unterschiedlichen Tätigkeitsbereichen, Unternehmensgrößen und mit unterschiedlichen Ausgangspositionen zur Elektromobilität zu befragen. Die Unterscheidung der Ausgangspositionen richtet sich dabei insbesondere auf die Tatsache, ob der Wandel zur Elektromobilität sich eher bedrohend oder fördernd auf das bisherige Geschäftsmodell der Unternehmen auswirkt. Damit unterscheiden sich seitens der Interviewpartnerinnen und -partner die Anreize zum Wandel, die Transformationsgeschwindigkeiten sowie die Sichtweisen zu Personal- und Qualifizierungsbedarfen in der Elektromobilität.

Beschreibung der Interviewpartnerinnen und -partner

In Summe konnten sechs Expertinnen und Experten für die leitfadengestützten Interviews gewonnen werden. Darüber hinaus wurden im Laufe der Studiererstellung noch weitere Gespräche mit Professorinnen und Professoren und Fachverbänden, bspw. dem Fachverband der Fahrzeugindustrie Österreichs, geführt, um die Gesamtergebnisse der Studie zu validieren.

Neben Geschäftsführerinnen und Geschäftsführern setzt sich der Kreis der interviewten Expertinnen und Experten aus Personalleiterinnen und Personalleitern und Gesamtverantwortlichen beziehungsweise Key Accounts in den Bereichen Automotive und Elektromobilität zusammen. Im Folgenden werden die befragten Unternehmen in ihrer Tätigkeit, der Schnittstelle zur Elektromobilität sowie ihrer Bedeutung für die Studie übersichtsmäßig vorgestellt:

- » **AVL List GmbH (kurz: AVL):** ist das weltweit größte, unabhängige Unternehmen für die Entwicklung, die Simulation und das Testen von Antriebssystemen (Hybrid, Verbrennungsmotoren, Getriebe, Elektromotoren, Batterien und Software) für PKW, Nutzfahrzeuge und Großmotoren. Im Bereich Elektromobilität werden Hybridsysteme wie auch Brennstoffzellen seit mehr als 20 Jahren erforscht. In Summe lassen sich mehr als ein Drittel der Aktivitäten und Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zum Anwendungsgebiet der Elektromobilität zuordnen. Als reines FuE-Unternehmen gilt die AVL in Österreich zu den großen Innovationstreibern womit das Unternehmen direkt von hochqualifizierten Fachkräften abhängig ist.
- » **BMW Group Werk Steyr (kurz BMW):** ist der größte Standort für Motorenproduktion in der BMW Group. Das Kerngeschäft liegt in der Produktion und Entwicklung von Verbrennungsmotoren. Am Standort befindet sich außerdem das konzernweite Dieselmotoren-Entwicklungszentrum. Mit dem Bekenntnis zur Elektromobilität und dem laufenden Ausbau von Produktionskapazitäten werden im Werk Steyr seit 2019 Gehäusetypen für Elektromotoren gefertigt. Auf Seite der Forschung und Entwicklung beschäftigt sich der Standort Steyr mit der Entwicklung von Kühlkreisläufen und Gehäusen der nächsten Motorengeneration. Ebenso befindet sich ein Akustikprüfstand für Elektroantriebe am Standort. Als größter Arbeitgeber in der Region spielt das BMW Group Werk Steyr eine wichtige Rolle für die Aufnahme von Personal- und Qualifizierungsbedarfen.
- » **Infineon Technologies Austria AG (kurz: Infineon):** zählt zu den weltweit größten Halbleiterherstellern. Im Bereich Automotive liegt das Kerngeschäft in der Produktion von Leistungshalbleitern für Sensorik und Aktuatorik in den Fahrzeugen. Am Standort Villach befindet sich außerdem das Kompetenzzentrum für Leistungselektronik. Im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor spielen Halbleiter im Bereich der Elektromobilität sowie der dazugehörigen Ladeinfrastruktur mengenmäßig eine wichtigere Rolle. Diese Entwicklung wird durch weitere Trends, bspw. im Bereich des autonomen Fahrens, zusätzlich verstärkt. Dementsprechend profitiert der Konzern vom fortschreitenden Ausbau der Elektromobilität.
- » **KEBA AG (kurz: Keba):** zählt zu den führenden Anbieterinnen von Ladestationen für Elektrofahrzeuge. Das Kerngeschäft liegt im beschleunigten Laden im Lademodus 3, wobei Lösungen für den öffentlichen, halböffentlichen als auch für den Privatgebrauch angeboten werden. Im Gebiet des Mess- und Eichrechts zählt das Unternehmen zu den Themenführern. In den Experteninterviews spielt die Keba stellvertretend für den Bereich der Ladeinfrastruktur eine zentrale Rolle.
- » **Kreisel Electric GmbH & Co KG (kurz: Kreisel Electric):** ist als junges, innovatives Unternehmen in der Entwicklung fortschrittlicher Technologien in der Elektromobilität tätig. Der Schwerpunkt liegt in der Entwicklung und Validierung von Batteriesystemen, wo Kreisel durch ein innovatives Thermomanagement leistungsfähige und effiziente Batterietechnologien anbietet. Neben dem Sektor Automotive als größtem Anwendungsgebiet werden auch Projekte im Boots- und Flugzeugbau umgesetzt. Durch die innovative Ausrichtung des Unternehmens, die Forschungsnähe und den damit verbundenen hohen Fachkräftebedarf liefert Kreisel Electric wesentliche Erkenntnisse in der Ermittlung von Personal- und Qualifizierungsbedarfen.

- » **Rupert Fertinger GmbH (kurz: Fertinger):** ist ein international tätiger Automobilzulieferer für Temperaturmanagement-Lösungen und Komponenten für strom- und medienführende Module und Baugruppen aus metallischen Leichtbaustoffen. Im Bereich der Elektromobilität werden ebenso die Märkte Klimatemperatur-Management und Connectivity bedient. Dabei erfordern die technologischen Rahmenbedingungen der elektrisch angetriebenen Fahrzeuge eine Fokusverlagerung auf andere entwicklungsbezogene Grundlagenkompetenzen. Mit dieser Ausgangslage liefert Fertinger als Experte einen wichtigen Beitrag zu Erhebung veränderter Kompetenzanforderungen in der Elektromobilität.

3.3 »Zero Emission Mobility« – Handlungsempfehlungen

Ziel der Studie ist es, neben der Ermittlung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten sowie der Erhebung von Qualifizierungsbedarfen für Österreich zielgerichtete Handlungsempfehlungen für die wichtigsten Stakeholder auf dem Weg zur emissionsfreien Mobilität abzuleiten. In der vorliegenden Studie werden folgende Stakeholder-Gruppen adressiert:

1. Öffentliche Hand,
2. Bildungseinrichtungen und Qualifizierungsanbieter,
3. Industrieunternehmen.

Die Vorgehensweise zur Ableitung von Handlungsempfehlungen ist in Abbildung 18 dargestellt.



Abbildung 18: Methodik zur Erarbeitung der Handlungsempfehlungen

Auf Basis der errechneten Effekte auf Wertschöpfung und Beschäftigung zusammen mit den Ergebnissen der Onlineumfrage wurde eine Liste an Lösungsvorschlägen erarbeitet. Diese wurden anschließend entsprechend der definierten Zielgruppen, sowie der Art der Maßnahme (förderpolitische Maßnahme, Werbekampagne, etc.) geclustert. Speziell in Hinblick auf die Beiträge der anonymisierten Onlineumfrage ist es notwendig, diese auf Relevanz zu prüfen. Daher wurden Ergebnisse und Handlungsempfehlungen im nächsten Schritt mithilfe der Experteninterviews und -workshops verifiziert. Um eine Priorisierung der erarbeiteten Empfehlungen zu ermöglichen, wurde im letzten Schritt eine qualitative Aufwand-Nutzen Bewertung seitens des Projektteams durchgeführt.

4 WERTSCHÖPFUNGS- UND BESCHÄFTIGUNGSPOTENZIALE FÜR ÖSTERREICH

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale in Österreich unter Berücksichtigung einer steigenden Stückzahl der elektrifizierten und teil-elektrifizierten PKW dargestellt. Weiters wird analysiert, welche ÖNACE-Klassen (Wirtschaftszweige) und Komponenten den größten Beitrag zu diesen Entwicklungen liefern, um so die größten Potenziale zu identifizieren.

4.1 Gesamtentwicklung

In Abbildung 19 ist die prognostizierte Entwicklung der Wertschöpfung gegenüber dem Basisjahr 2020 dargestellt. Es zeigt sich, dass die Wertschöpfung im Bereich der PKW-Produktion bis 2030 in Österreich um etwa 20 Prozent steigen wird. Dies ist zum Teil auf die steigenden Stückzahlen der verkauften Autos zurückzuführen, unter denen PKW mit elektrifiziertem Antrieb einen immer größer werdenden Anteil annehmen werden. Darüber hinaus profitiert die österreichische Industrie von einem höheren Elektrifizierungsanteil der PKW, da viele Unternehmen im Bereich der Leistungselektronik ihre Kernkompetenzen haben. Dies bestätigt auch das Modell, indem die Wertschöpfung in Österreich stärker wächst als die Stückzahlentwicklung weltweit. Laut markt-führenden Bordelektronikherstellern wird mit der Elektromobilität der Chip-Bedarf pro Auto auf nahezu das Doppelte gegenüber herkömmlichen Antrieben steigen. Der mit Abstand größte Teil dieses Mehrbedarfs kommt dabei aus Leistungshalbleitern.

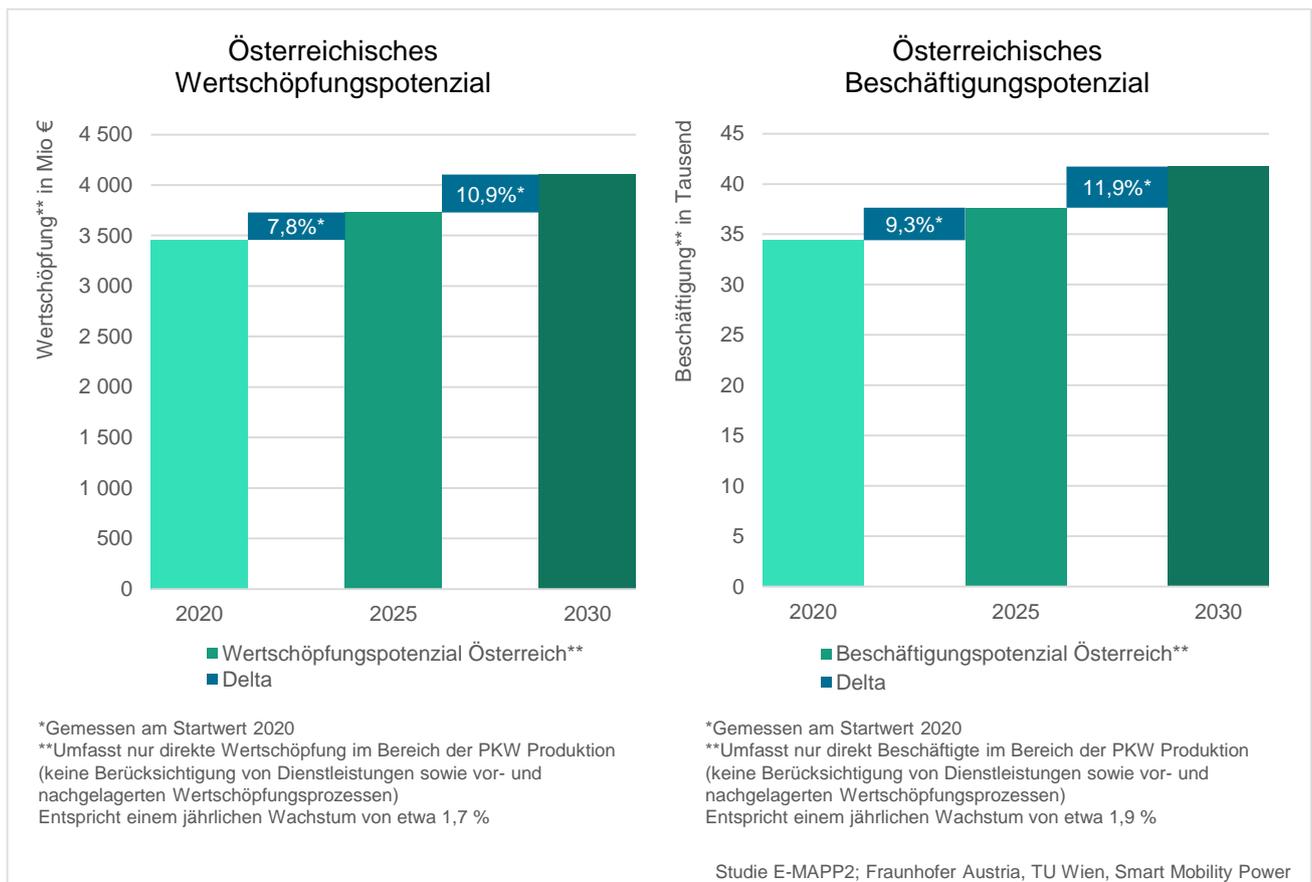


Abbildung 19: Österreichisches Wertschöpfungspotenzial (in Mio €) und österreichisches Beschäftigungspotenzial (in Tausend Beschäftigten)

Auf die Beschäftigungsentwicklung in Österreich hat das Stückzahlenwachstum sowie der höhere Anteil an elektrifizierten Fahrzeugen ebenfalls positive Auswirkungen. Hierbei fällt die Beschäftigungsentwicklung sogar noch positiver aus, da die Wertschöpfung durch neue Elektromobilitätskomponenten zum Teil in Wirtschaftszweige verlagert wird, bei denen die Wertschöpfung pro Beschäftigter bzw. Beschäftigtem geringer ausfällt. Dies hat zur Folge, dass mehr Beschäftigte notwendig sind, um die Wertschöpfung in Österreich zu erreichen. Abbildung 20 zeigt die Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte über die betrachteten Fahrzeugtypen.

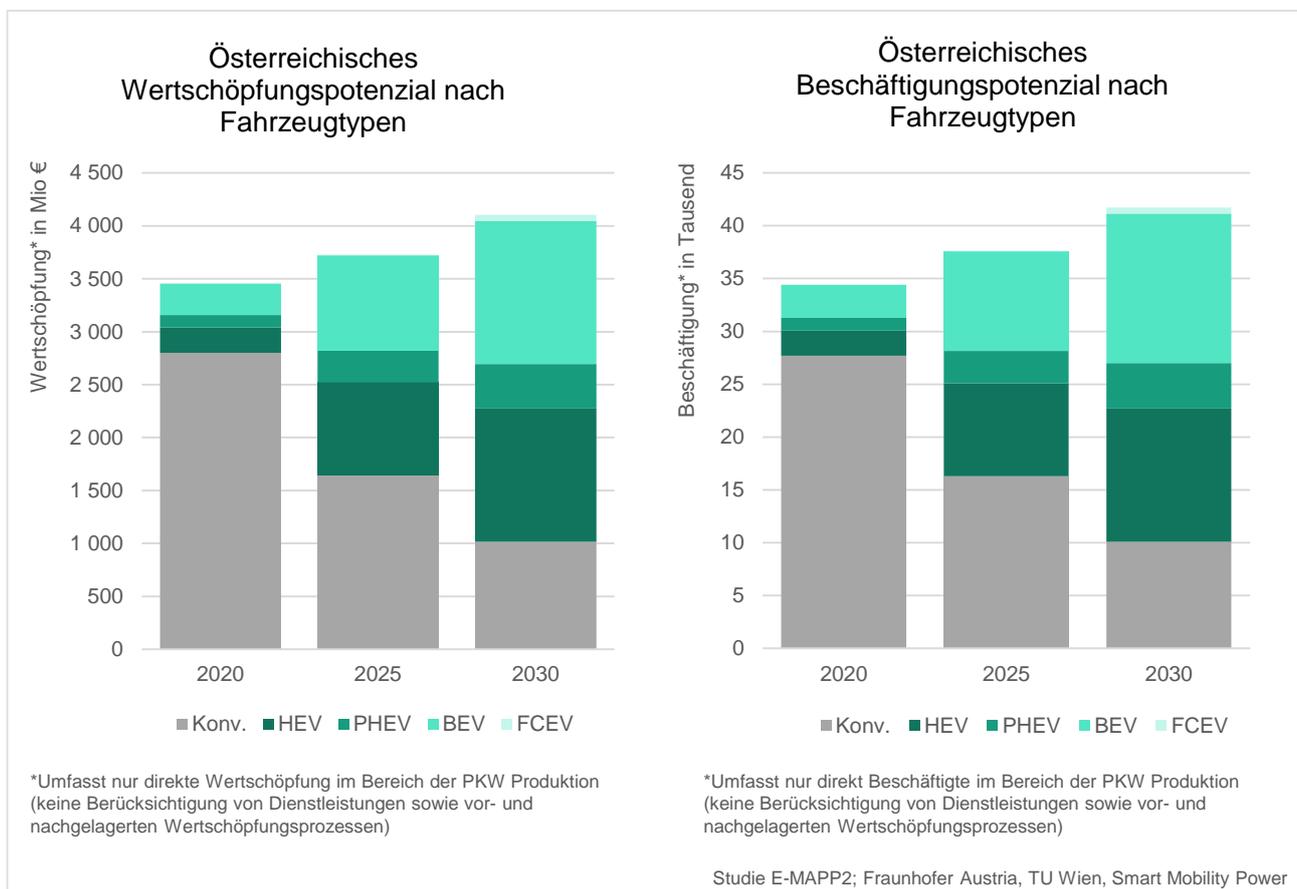


Abbildung 20: Österreichisches Wertschöpfungspotenzial (in Mio €) und österreichisches Beschäftigungspotenzial (in Tausend Beschäftigten) nach Fahrzeugtypen

4.2 Entwicklung der Wertschöpfung nach ÖNACE-Klassen

Im Folgenden wird analysiert, welche Branchen den größten Einfluss auf den oben beschriebenen Anstieg von Wertschöpfung und Beschäftigung haben. In Abbildung 21 wurden dafür die Wertschöpfungspotenziale von 2020 bis 2030 auf die einzelnen ÖNACE-Klassen heruntergebrochen. Einen Überblick über die hier vorkommenden ÖNACE-Klassen liefert Tabelle 1. Abbildung 22 und Abbildung 23 geben eine detaillierte Übersicht der prozentuellen und mengenmäßigen Effekte für Wertschöpfung und Beschäftigung über jede ÖNACE-Klasse bis 2030.

ÖNACE Klasse	Bezeichnung
22	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren
24	Metallerzeugung und -bearbeitung
25	Herstellung von Metallerzeugnissen
26	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, Elektronischen und Optischen Erzeugnissen
27	Herstellung von elektrischen Ausrüstungen
28	Herstellung von nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen
29	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen
62	Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie

Tabelle 1: Bezeichnung der ÖNACE-Klassen – Komponenten E-Fahrzeuge

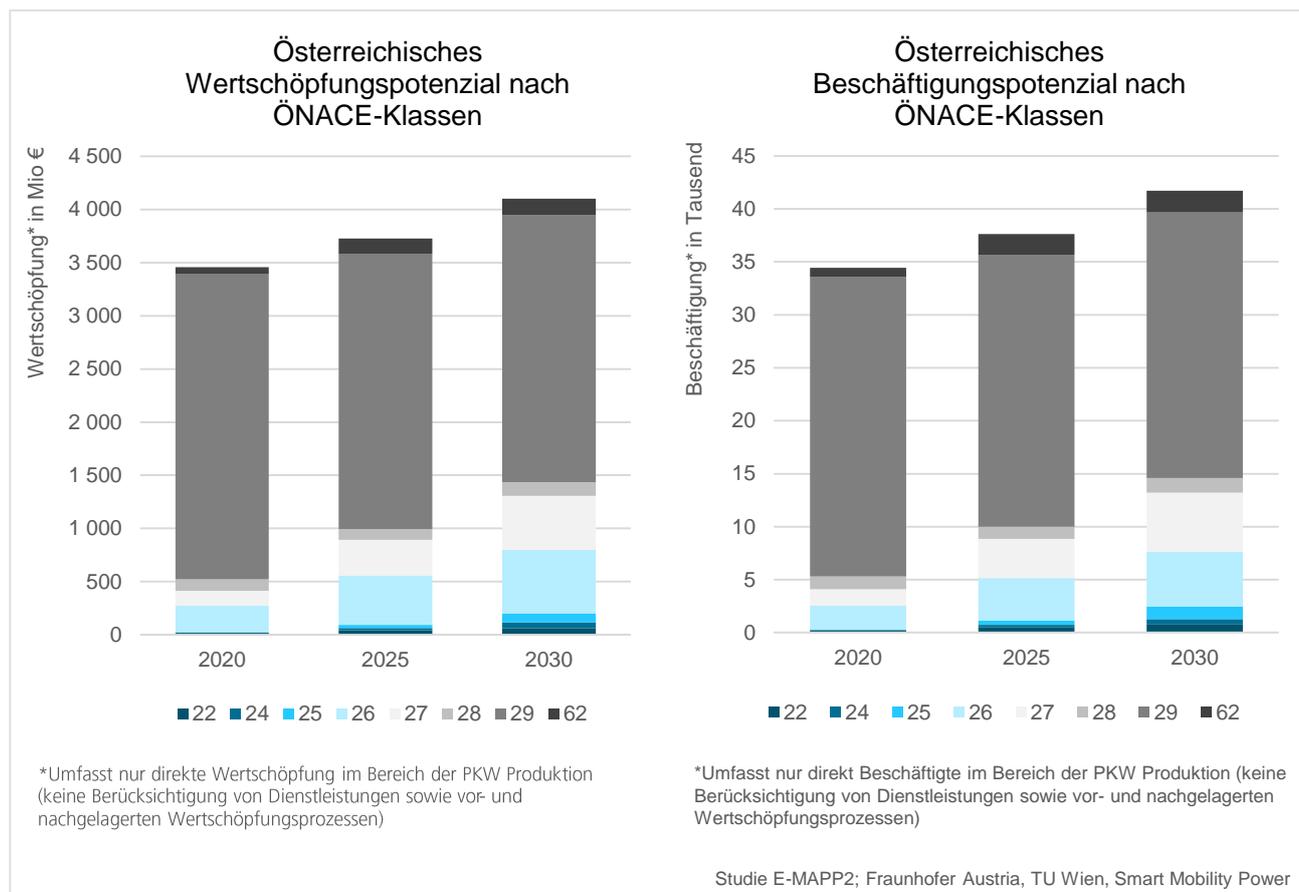


Abbildung 21: Wertschöpfungs- und Beschäftigungsentwicklung nach ÖNACE-Klassen

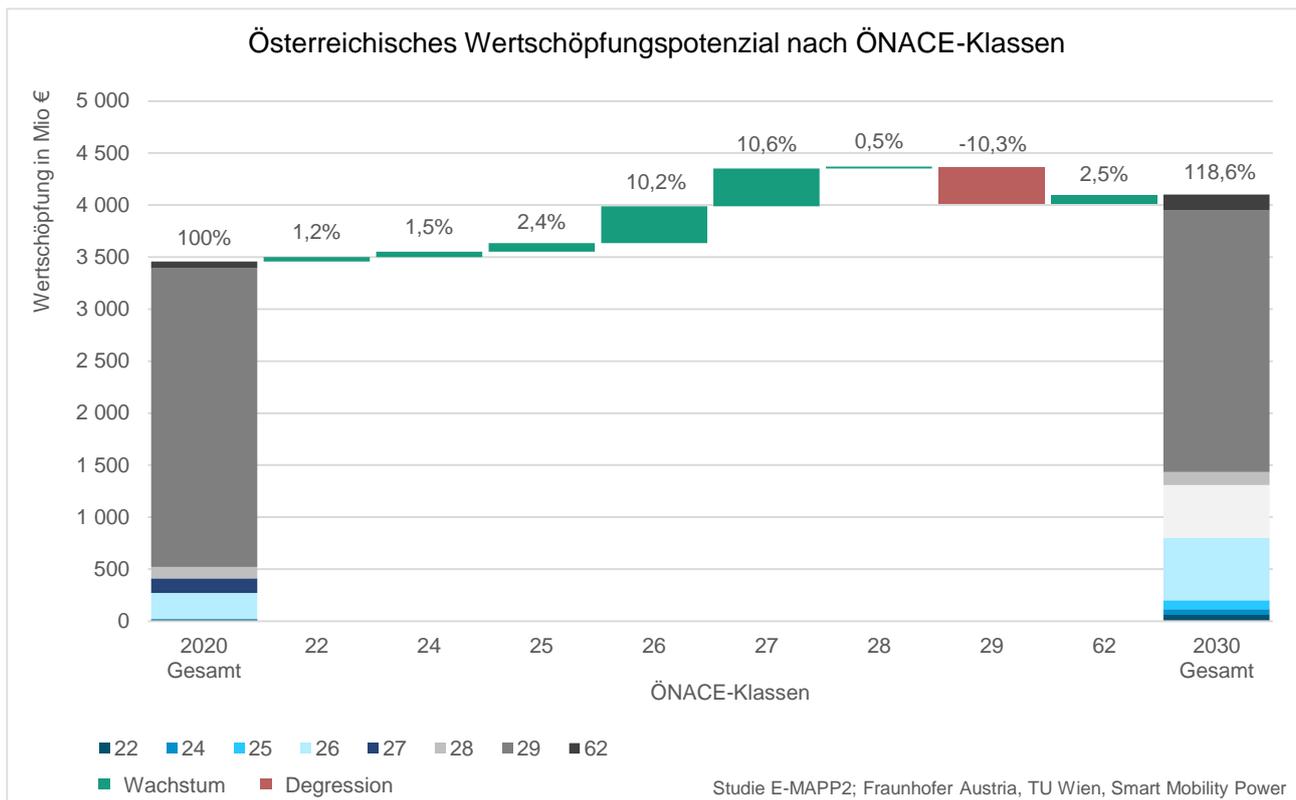


Abbildung 22: Wertschöpfungspotenziale nach ÖNACE-Klassen

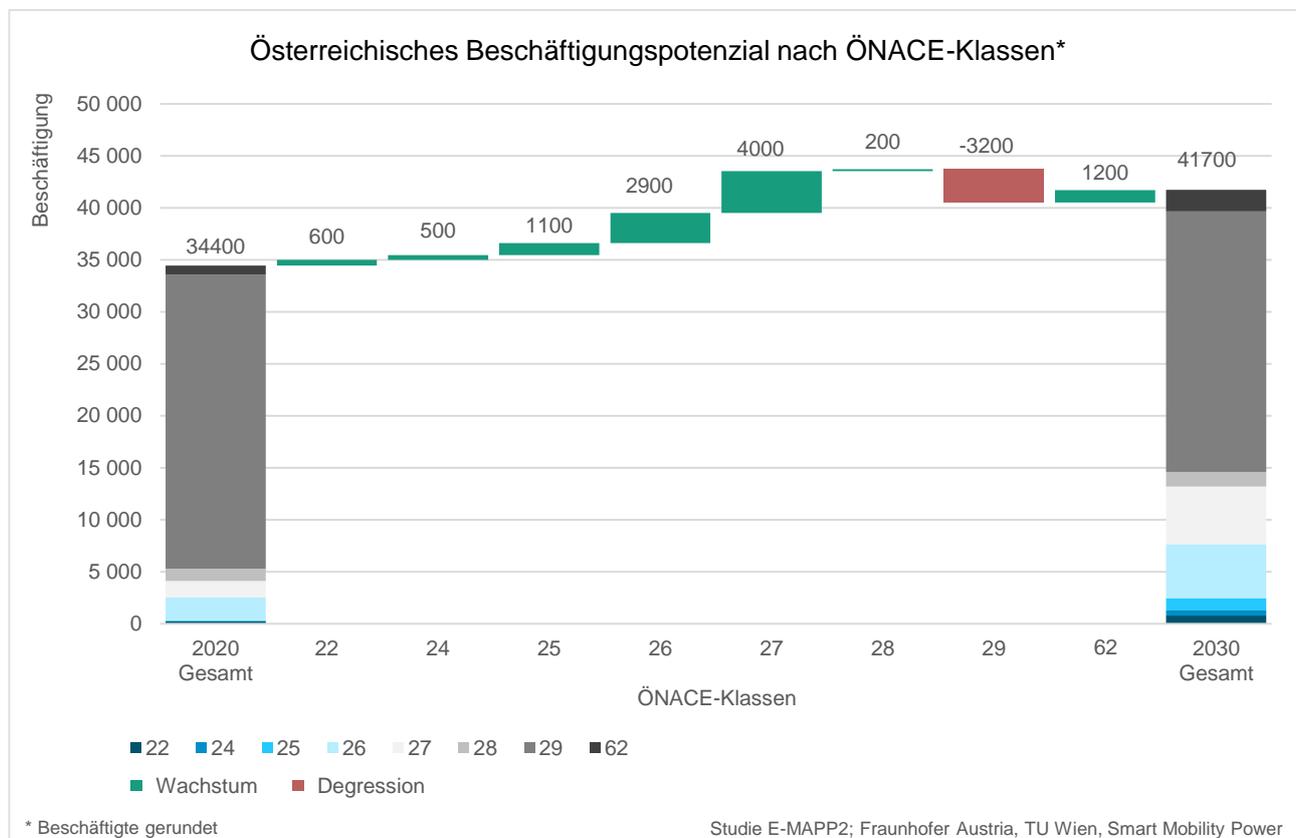


Abbildung 23: Beschäftigungsentwicklung nach ÖNACE-Klassen

Die größten Auswirkungen wird die Entwicklung der Elektromobilität auf die Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (ÖNACE-Klasse 29) haben. Dieser Bereich ist auch der einzige, in dem die Wertschöpfung nennenswert sinken wird. Dies lässt sich auf den Stückzahlenrückgang von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor und die damit einhergehenden Degressionseffekte der Herstellkosten zurückführen (siehe Kapitel 3.1.3 Abbildung 11). Die größten Anstiege in der Wertschöpfung sind im Bereich der Herstellung von elektrischen Ausrüstungen (ÖNACE-Klasse 27) sowie in der Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen (ÖNACE-Klasse 26) zu erwarten. Im Vergleich zu diesen wurde für die Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie (ÖNACE-Klasse 62) ein wesentlich geringerer Anstieg der Wertschöpfung errechnet. Welche Komponenten den größten Einfluss auf die Wertschöpfungsentwicklung nehmen, wird in Kapitel 4.3 dargestellt. Zudem ist es noch einmal wichtig anzumerken, dass Trends wie autonomes Fahren, die im Rahmen dieser Studie nicht berücksichtigt wurden, zusätzliches Potenzial für die Wertschöpfungsentwicklung bergen.

Die in Abbildung 23 dargestellten Beschäftigungsentwicklungen zeigen ähnliche Trends wie die Wertschöpfungspotenziale. Obwohl in der Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen ein deutlicher Abbau von Arbeitsplätzen prognostiziert wird, können die Beschäftigungszuwächse in den anderen Bereichen diesen mehr als nur kompensieren. Insbesondere durch den größeren Bedarf von Arbeitskräften in der Erzeugung von elektrischen und elektronischen Komponenten könnte so ein Zuwachs von ca. 7 000 Arbeitsplätzen entstehen. Um dieses Potenzial zu nutzen, bedarf es jedoch umfangreicher Qualifizierungsmaßnahmen, um genug passende Arbeitskräfte für die wachsenden Branchen zur Verfügung zu stellen.

4.3 Komponenten mit den größten Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenzialen

Um jene Komponenten zu identifizieren, die den größten Beitrag zur Veränderung der Wertschöpfung liefern, werden im Folgenden die Wertschöpfungspotenziale der Komponenten jener drei ÖNACE-Klassen betrachtet, für deren Wertschöpfung die größten Veränderungen zu erwarten sind. Gleiche Betrachtungen für die übrigen ÖNACE-Klassen finden sich im Anhang.

Wie in Kapitel 4.2 beschrieben, wurden die größten Wertschöpfungszuwächse in den ÖNACE-Klassen 26 und 27 identifiziert, die in erster Linie die Herstellung elektrischer und elektronischer Komponenten erfassen. Während sich die Wertschöpfung durch die Herstellung von Komponenten für die Automobilindustrie im Bereich Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen verdoppelt, ist bei der Herstellung von elektrischen Ausrüstungen mit mehr als einer Verdreifachung der Wertschöpfung zu rechnen. Die Abbildung 24 und Abbildung 25 zeigen die Anteile der einzelnen Komponenten zu der Wertschöpfungsveränderung in diesen ÖNACE-Klassen.

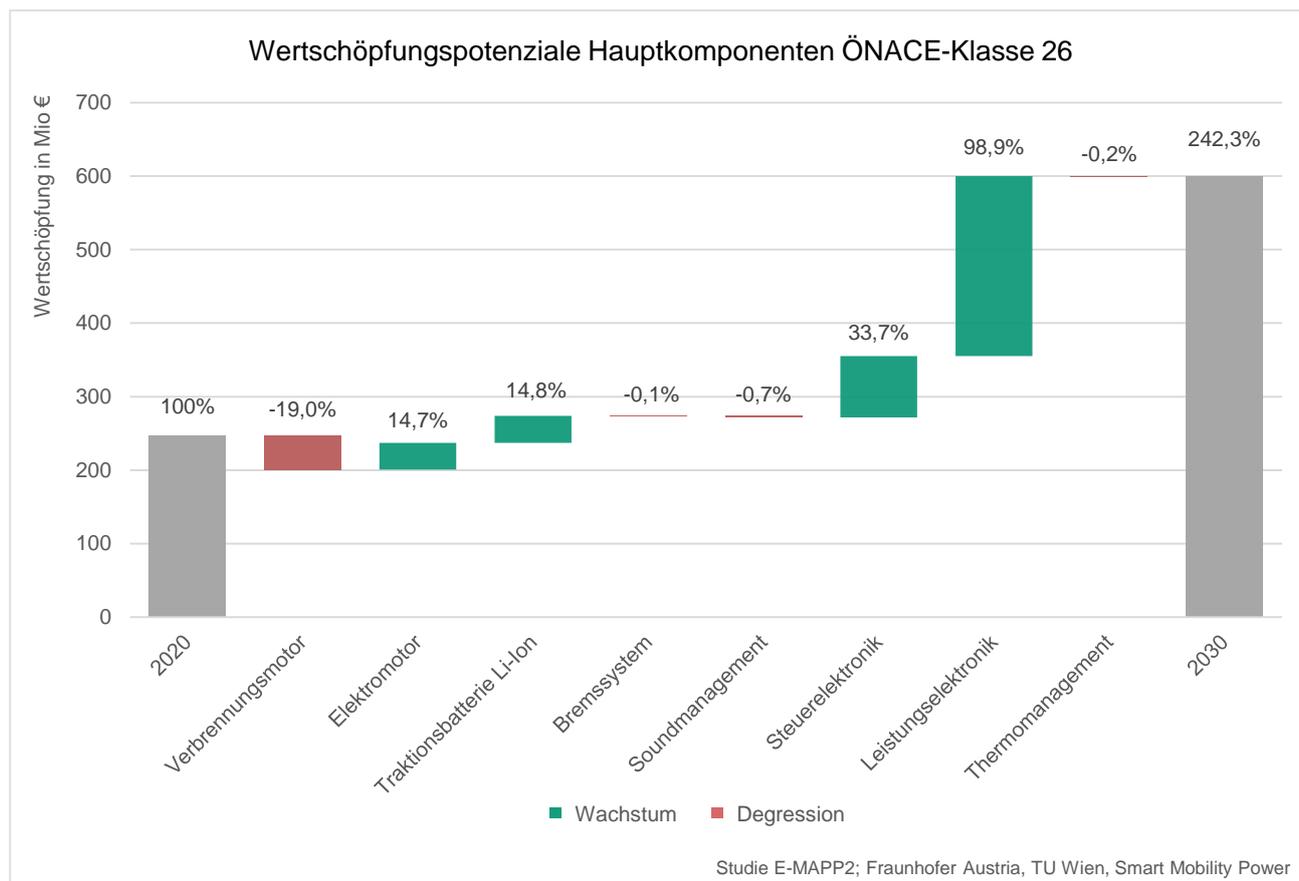


Abbildung 24: Wertschöpfungspotenziale auf Hauptkomponentenebene – ÖNACE-Klasse 26

In der Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen verzeichnen Komponenten für die Leistungs- und Steuerelektronik das größte Wachstum. Einen großen Anteil am Wertschöpfungswachstum haben auch Komponenten für Elektromotoren und Lithium-Ionen-Batterien. Dieser ist derzeit noch deutlich geringer als jener der Leistungs- und Steuerelektronikkomponenten, da in diesen Bereichen in Österreich in den letzten Jahren ein signifikanter Weltmarktanteil erarbeitet wurde. Die Potenziale aus der Herstellung von Komponenten für Li-Ionen-Batterien fallen hier verhältnismäßig gering aus. Dies ist damit zu erklären, dass diese in Österreich derzeit weitestgehend ungenutzt sind. Auch wenn die Errichtung von großen Batterie-zellenfertigungen in Österreich derzeit eher unwahrscheinlich scheint, birgt diese Komponente (z. B. durch das Vordringen in Nischen) ein großes Potenzial. Den sinkenden Stückzahlen von PKW mit Verbrennungsmotoren entsprechend, werden auch elektronische Komponenten für Verbrennungsmotoren in Zukunft einen niedrigeren Beitrag zur Wertschöpfung darstellen.

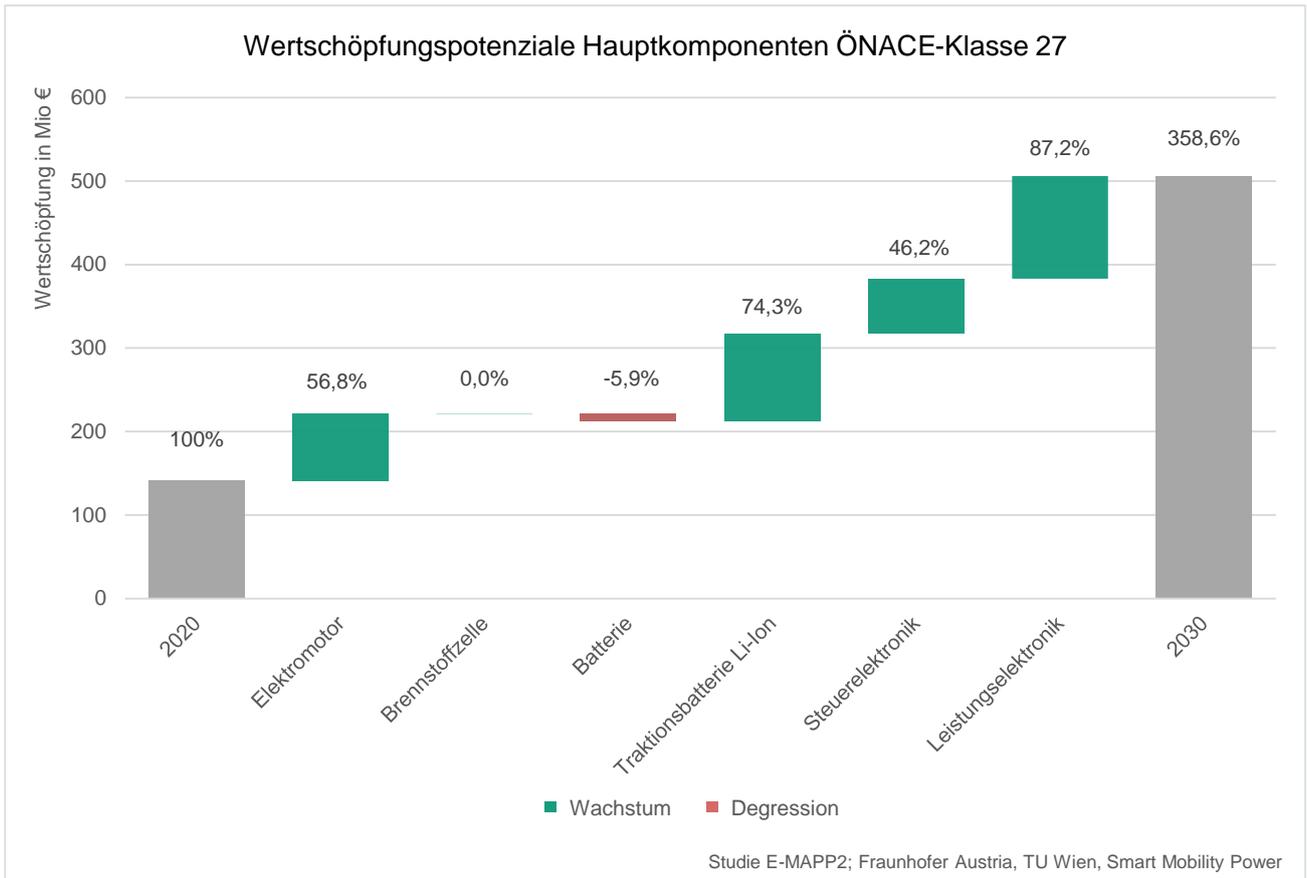


Abbildung 25: Wertschöpfungspotenziale auf Hauptkomponentenebene – ÖNACE-Klasse 27

Auch bei der Herstellung elektrischer Ausrüstungen sind die wesentlichen Potenziale in der Herstellung von Leistungs- und Steuerungselektronik, Lithium-Ionen-Batterien sowie dem Elektromotor zuzuordnen. Den größten Anteil liefert wieder die Leistungselektronik, wobei hier die Lithium-Ionen-Batterien an zweiter Stelle kommen.

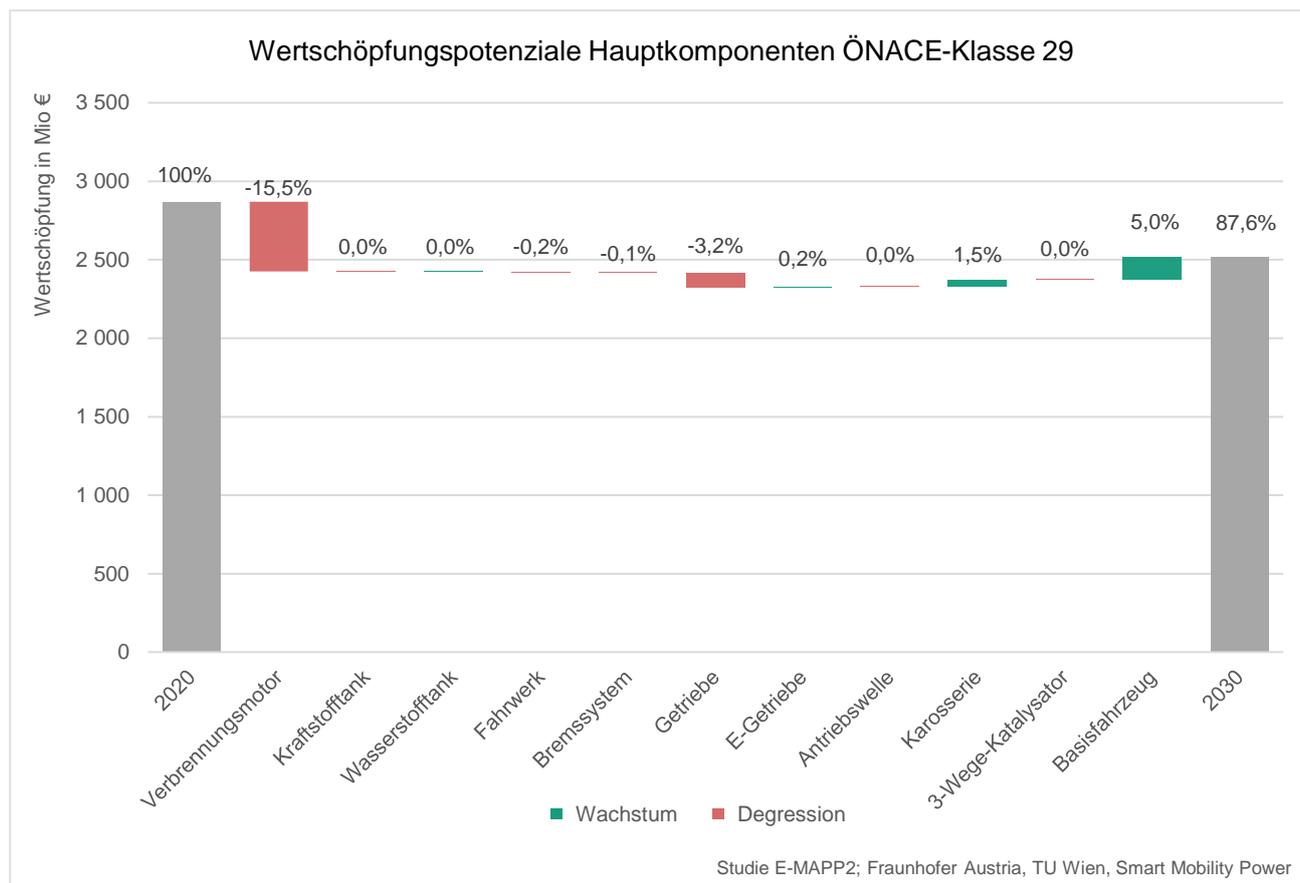


Abbildung 26: Wertschöpfungspotenziale auf Hauptkomponentenebene – ÖNACE-Klasse 29

Die größten Wertschöpfungsverluste sind im Bereich der Herstellung von Kraftwagenteilen zu erwarten. Abbildung 26 zeigt, dass der Verbrennungsmotor durch die Zunahme von Elektroautos den größten Verlust verzeichnen wird. Da in Elektroautos in der Regel nur einstufige Getriebe verbaut werden, wird in diesem Bereich ebenfalls deutlich weniger Wertschöpfung möglich sein. Die Veränderung in Bezug auf diese zwei Komponenten ist auch deshalb besonders drastisch, da es in Österreich einige Zulieferer gibt, die gemeinsam in diesem Bereich einen signifikanten Weltmarktanteil ausmachen. Einzig die Wertschöpfungsanteile in der Karosserieproduktion sowie jene des Basisfahrzeugs werden zunehmen, da diese Komponenten in allen Fahrzeugtypen Verwendung finden und die Wertschöpfung damit an die steigenden Stückzahlen geknüpft ist.

Die detaillierten Auswertungen auf Hauptkomponentenebene der verbleibenden ÖNACE-Klassen sind im Anhang Kapitel 9.1 angeführt.

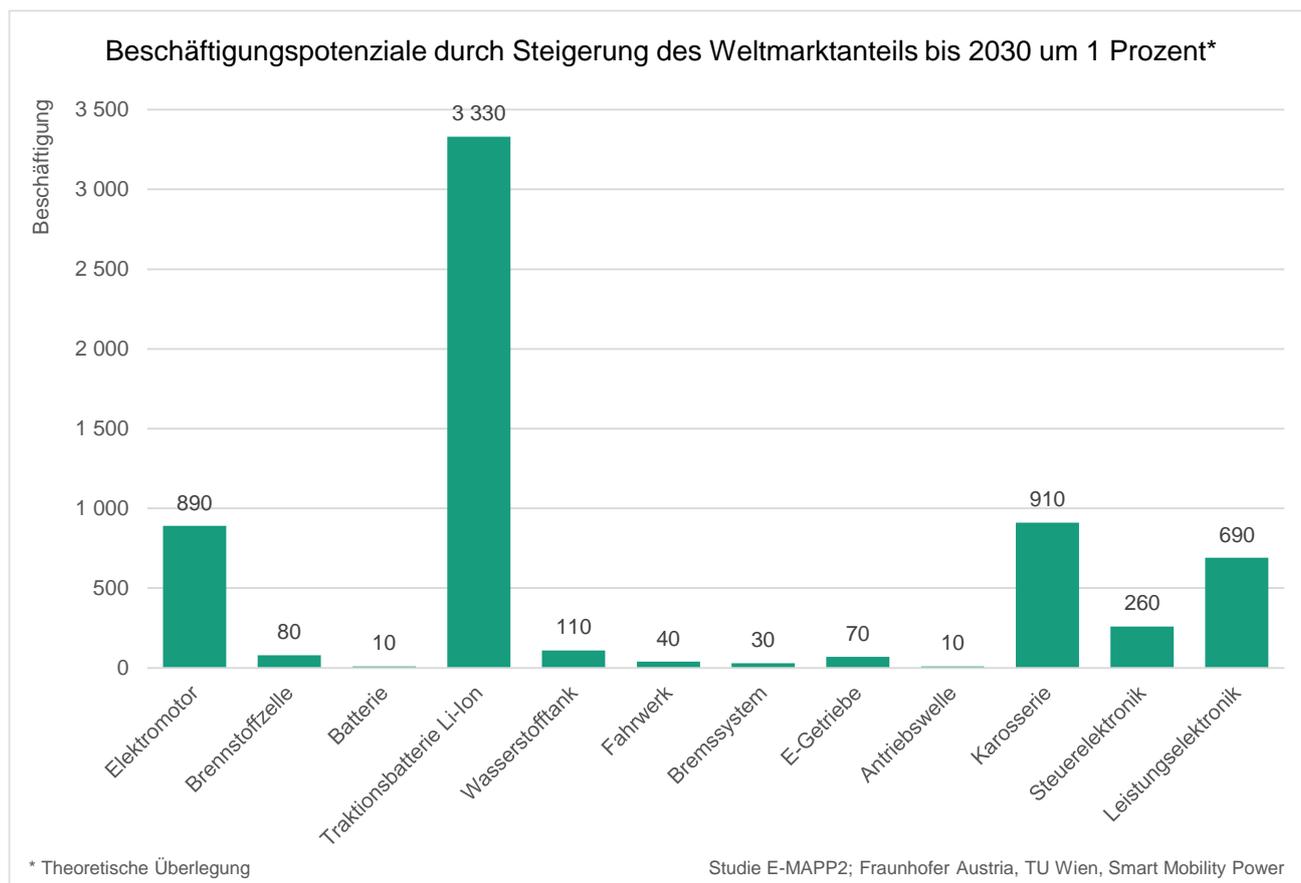


Abbildung 27: Beschäftigungspotenziale pro Hauptkomponente

Um Beschäftigungseffekte durch die Eroberung eines höheren Weltmarktanteils auf Komponentenebene beurteilen zu können, wurde errechnet, welches Beschäftigungspotenzial im Jahr 2030 ein um 1 Prozent höherer Weltmarktanteil auf der jeweiligen Hauptkomponente bieten würde. Abbildung 27 zeigt die Potenziale für jene Hauptkomponente, bei denen bei Eintreten des hinterlegten Stückzahlenszenarios mit einer positiven Entwicklung zu rechnen ist. Den mit Abstand größten Hebeleffekt hat demnach die Lithium-Ionen-Batterie, deren Potenzial in Österreich derzeit wenig bis gar nicht genutzt wird. Ein Blick auf die Subkomponenten (Abbildung 28) zeigt jedoch, dass nur ca. ein Viertel dieses Potenzials in der reinen Zellenfertigung liegt und auch in den anderen Teilkomponenten Nischenpotenziale liegen. Neben der Herstellung von Li-Ion-Batterien liegen auch in den anderen Elektromobilitätskomponenten wie dem Elektromotor oder den Elektroniksystemen signifikante Wertschöpfungspotenziale. Die Herstellung von Karosserieteilen birgt Potenziale in der Entwicklung von neuen Leichtbaukomponenten und wird zusätzlich durch den prognostizierten Stückzahlenanstieg in der weltweiten Automobilproduktion vorangetrieben. Um die in dieser Studie aufgezeigten Potenziale zu nutzen, wird es für Österreich entscheidend sein, die vorherrschende Position in der Herstellung von Elektronikkomponenten zu verteidigen und sich gleichzeitig in der Herstellung von Li-Ionen-Batterien und Elektromotoren durch die Besetzung von Nischen einen Platz in der Industrielandschaft zu erarbeiten und damit aktiv einen Beitrag zur technischen Entwicklung dieser Komponenten zu leisten.

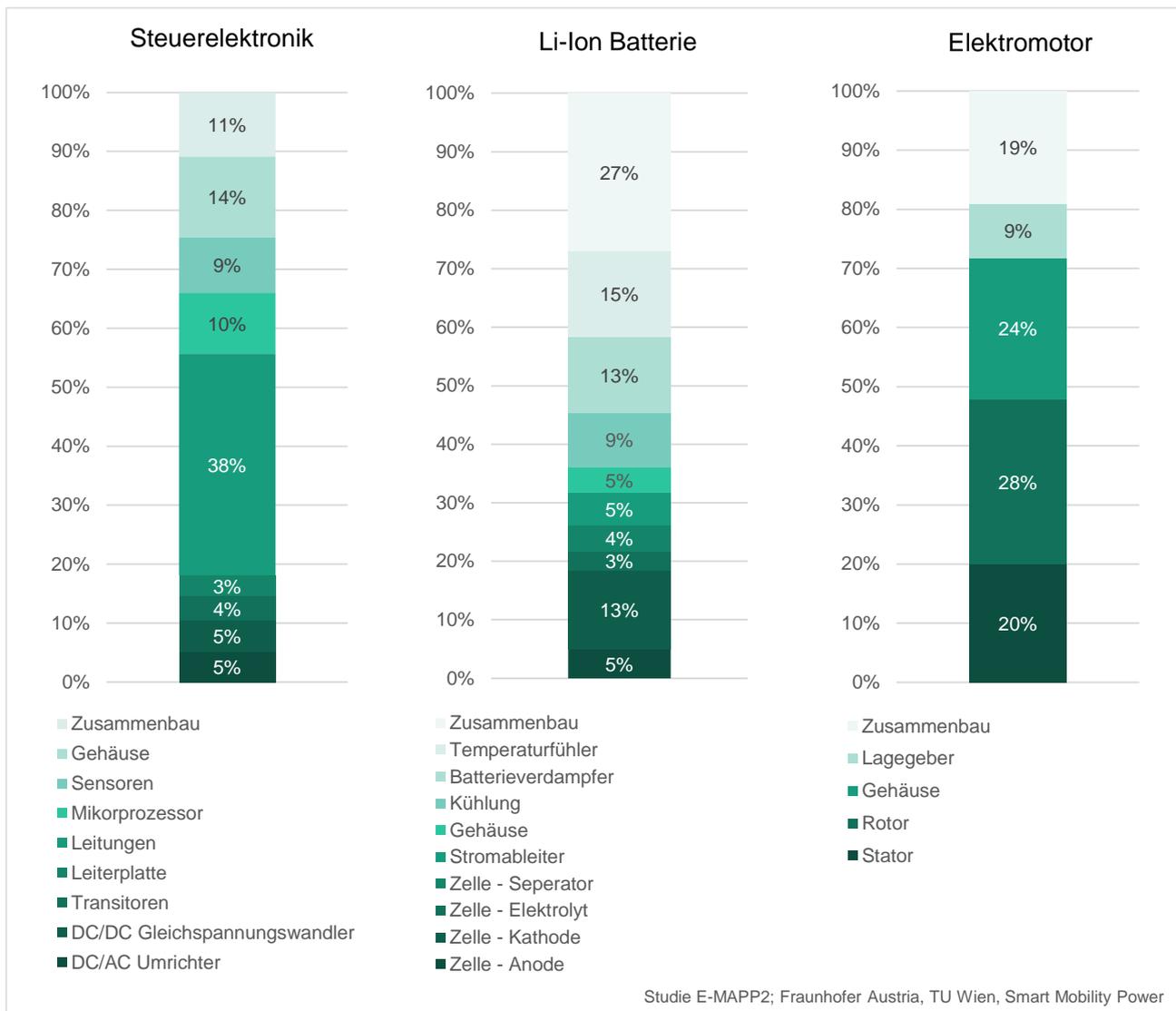


Abbildung 28: Anteile der Subkomponenten am Beschäftigungspotenzial [in Prozent]

4.4 Wertschöpfungseffekte durch Ladeinfrastruktur

Der Wandel hin zur Elektromobilität bewirkt nicht nur tiefgreifende Veränderungen der Automobilindustrie, sondern erfordert auch einen Ausbau der Ladeinfrastruktur, um die Verwendung von Elektroautos einer breiten Masse zu ermöglichen. Abbildung 29 zeigt die prognostizierte Entwicklung der Menge an Lademöglichkeiten für PHEV, BEV und FCEV. Es ist zu erwarten, dass alle Lademöglichkeiten bis 2030 massiv ausgebaut werden, der größte Anteil jedoch bei privaten Ladestationen verbleiben wird. Wasserstofftankstellen werden bis 2030 nur eine untergeordnete Rolle spielen.

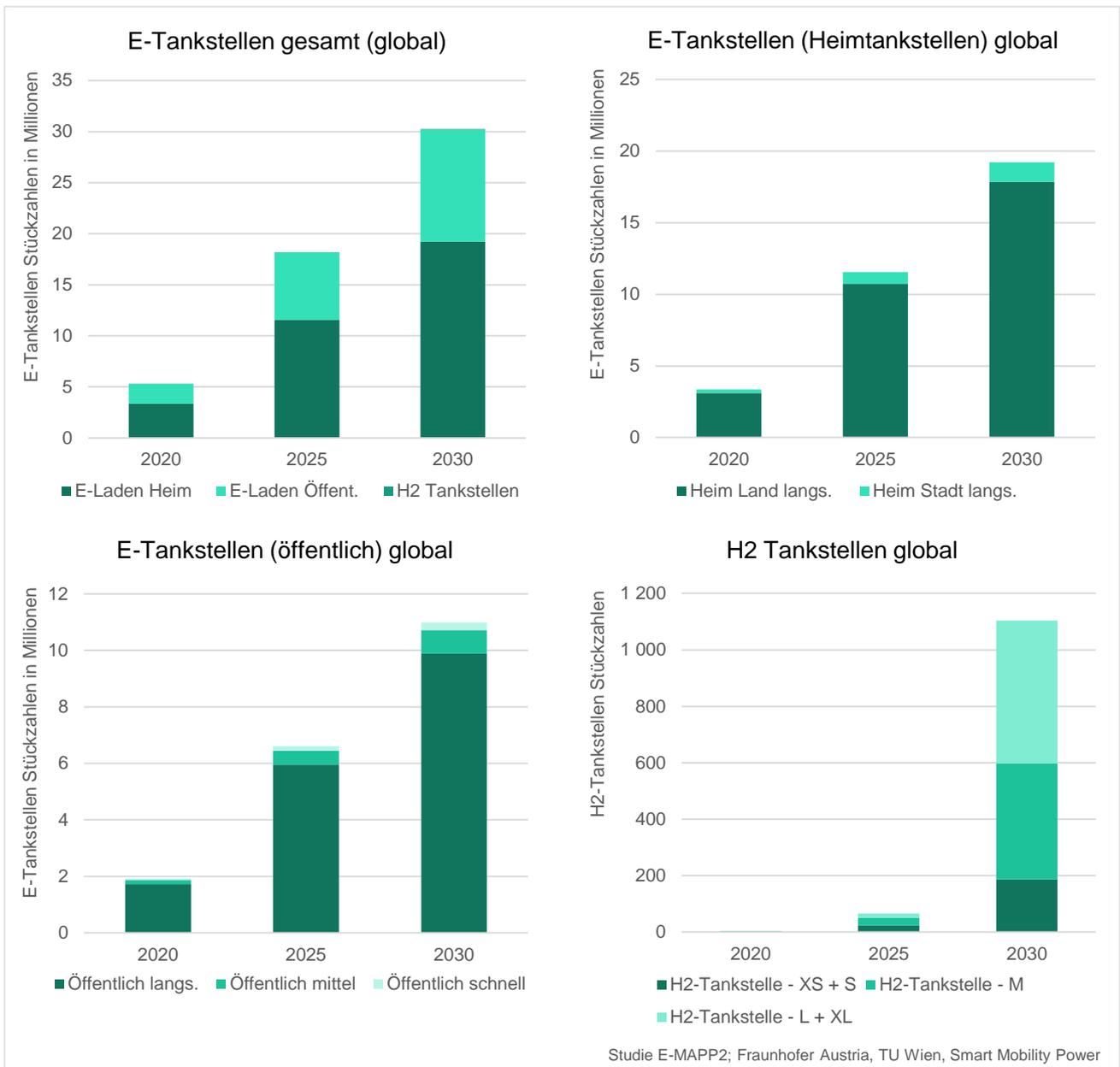


Abbildung 29: Stückzahlenentwicklung der Ladeinfrastruktur

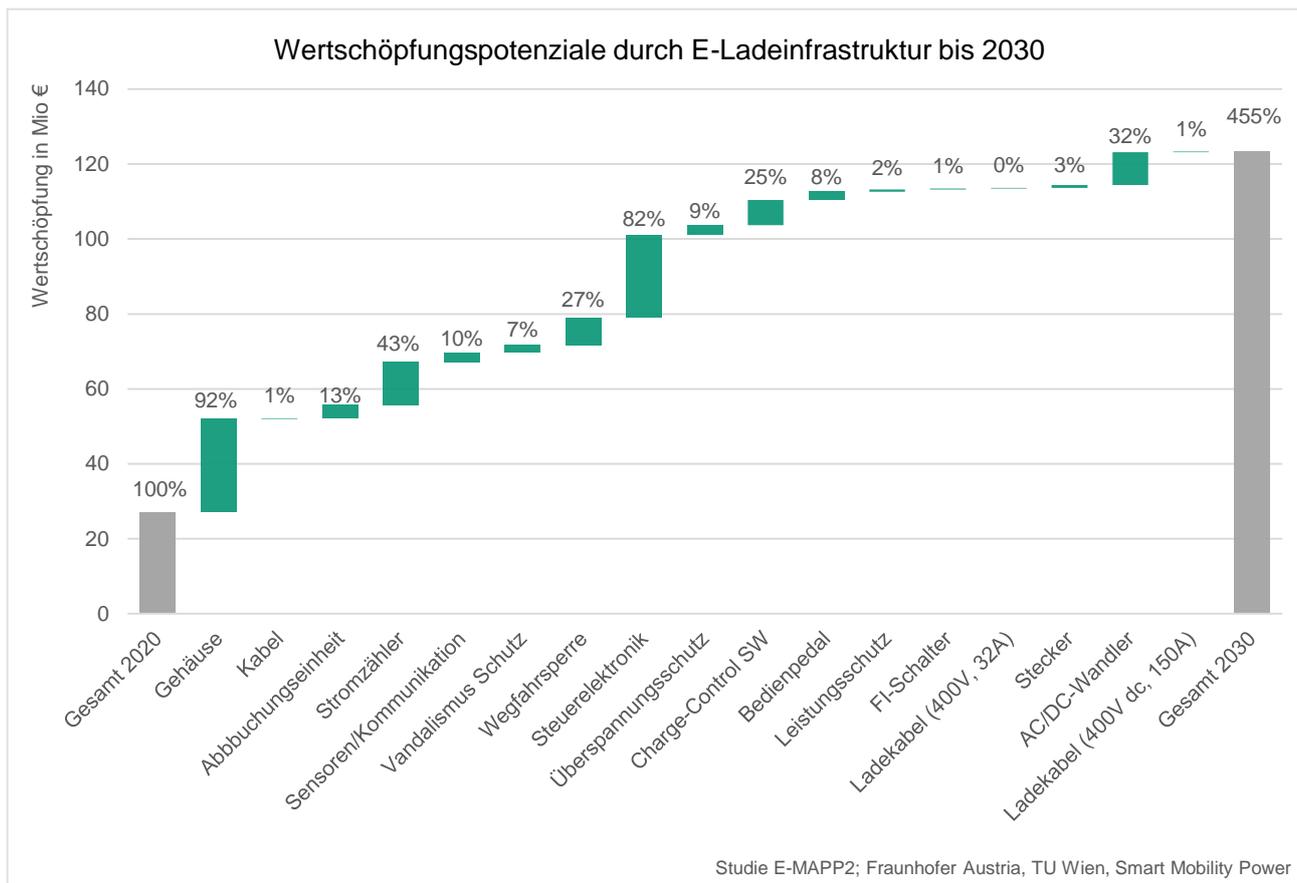


Abbildung 30: Wertschöpfungszuwachs durch E-Ladeinfrastruktur

Basierend auf diesen Stückzahlenszenarien wurden die Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale ermittelt, die sich durch den Ausbau der Elektroladeinfrastruktur sowie Wasserstoffbetankungsinfrastruktur ergeben. Hierbei muss betont werden, dass es sich ausschließlich um die Produktion der Infrastruktur handelt. Wertschöpfung aus der baulichen Installation, dem Anschluss an das Stromnetz oder aus möglichen Serviceangeboten sind hierbei nicht berücksichtigt. Abbildung 30 zeigt die Verteilung der Wertschöpfungsentwicklung über die einzelnen Komponenten. Hierbei wird ersichtlich, dass der größte Wertschöpfungszuwachs durch die Herstellung von Gehäusen und der Steuerelektronik erzielt werden kann, die in allen Ladeeinrichtungsarten vorkommen.

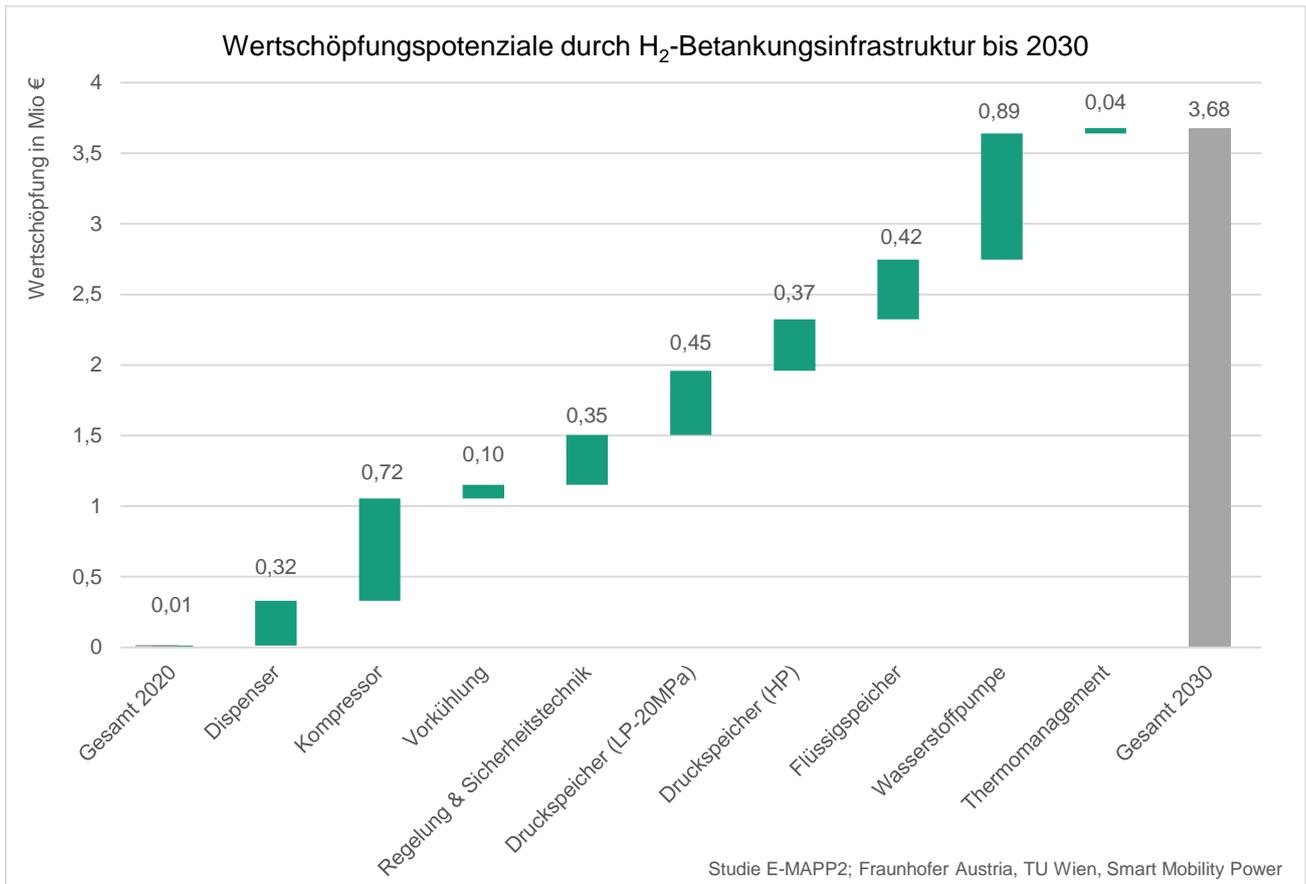


Abbildung 31: Wertschöpfungszuwachs durch H₂-Betankungsinfrastruktur

Bei der Wasserstoffbetankungsinfrastruktur sind die Zuwächse, wie in Abbildung 31 zu sehen, auf mehrere Komponenten gleichmäßig verteilt, wobei die größten Potenziale in der Herstellung von Wasserstoffpumpen und Kompressoren zu erwarten sind, da für diese derzeit noch sehr hohe Einzelkomponentenkosten erzielt werden.

ÖNACE Klasse	Bezeichnung
24	Metallerzeugung und -bearbeitung
25	Herstellung von Metallerzeugnissen
26	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, Elektronischen und Optischen Erzeugnissen
27	Herstellung von elektrischen Ausrüstungen
28.1	Herstellung von nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen
61.2	Drahtlose Telekommunikation
62.0	Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie

Tabelle 2: Bezeichnung der ÖNACE-Klassen – Infrastruktur

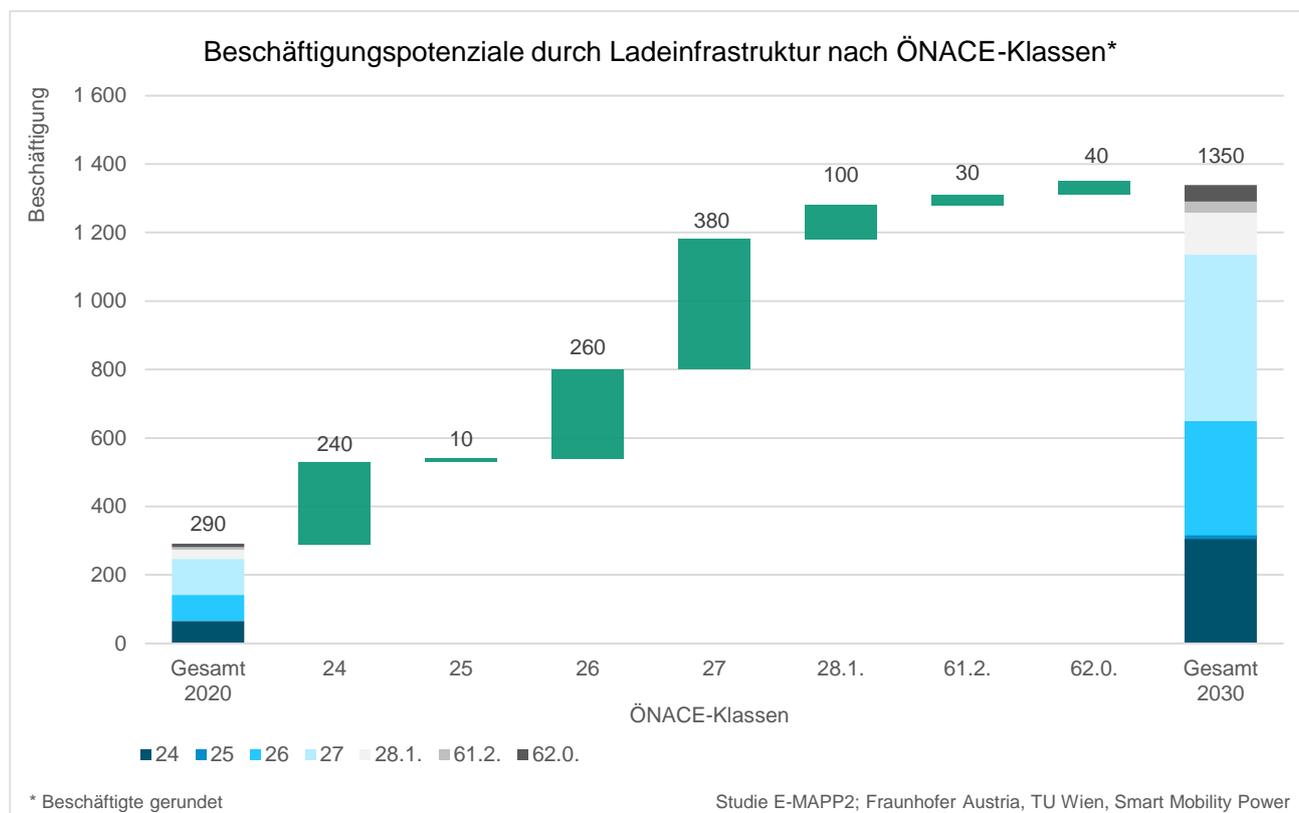


Abbildung 32: Beschäftigungspotenzial durch Ladeinfrastruktur pro ÖNACE-Klasse

Betrachtet man die Beschäftigungspotenziale in Abbildung 32, zeigt sich, dass österreichweit über 1 000 Arbeitsplätze durch den Ausbau der Ladeinfrastruktur entstehen könnten. Das größte Potenzial ergibt sich für die Herstellung von elektrischen Ausrüstungen, die Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, Elektronischen und Optischen Erzeugnissen und in der Metallerzeugung und -bearbeitung. Diese Potenziale sind auf den starken globalen Anstieg der Stückzahlen zurückzuführen und zeigen, dass die Infrastruktur nicht nur für eine höhere Elektrifizierung der PKW-Flotte notwendig ist, sondern auch zahlreiche neue Arbeitsplätze generieren kann.

5 PERSONAL- UND QUALIFIZIERUNGSBEDARFE FÜR DIE ELEKTROMOBILITÄT

Die quantitative Untersuchung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte zeigt über den zugrundeliegenden Zeithorizont ein positives Wachstum in beiden Betrachtungsbereichen. Diese Effekte sind neben dem weltweit prognostizierten positiven Stückzahlenwachstum elektrischer Fahrzeuge auf den steigenden Personalbedarf in der Herstellung elektrischer Komponenten zurückzuführen.

Damit der steigende Personalbedarf mittel- und langfristig gedeckt werden kann und sich österreichische Unternehmen sowohl in FuE als auch in der Erzeugung von Komponenten für die Elektromobilität im globalen Wettbewerb behaupten können, sind gut ausgebildete Fachkräfte notwendig. In diesem Teil der Studie werden Qualifizierungs- und Personalbedarfe der Elektromobilität in das Zentrum der Untersuchung gerückt. Dabei sollen insbesondere folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- » In welchen Bereichen verzeichnen in der Elektromobilität tätige Unternehmen einen Fachkräftemangel?
 - Bezogen auf akademische Abschlüsse und Berufsausbildungen?
 - Bezogen auf Funktions- und Tätigkeitsbereiche in den Unternehmen?
- » Wie wirkt sich der Fachkräftemangel in den Unternehmen aus?
- » Welche Ursachen hindern Unternehmen bei der Inanspruchnahme externer Qualifizierungsangebote?

Der Fachkräftemangel bezeichnet in der vorliegenden Untersuchung die Situation, in welcher eine große Anzahl an Arbeitsplätzen nicht besetzt werden kann, da die Zahl der geeigneten und ausreichend qualifizierten Kandidatinnen und Kandidaten auf dem Arbeitsmarkt zu gering ist. Durch Kombination einer großen Onlineumfrage mit ausgewählten Experteninterviews ermöglicht die verwendete Untersuchungsmethodik einen direkten Austausch mit Führungskräften und Personalverantwortlichen der Elektromobilität. Das Stimmungsbild der Industrie wird in dieser Untersuchung damit präzise wiedergegeben.

5.1 Ausprägung des Fachkräftemangels und Auswirkungen

5.1.1 Der Fachkräftemangel in Österreich

Die betriebliche Leistungserstellung basiert auf einem komplexen Zusammenspiel mehrerer Funktionen, zum Beispiel Entwicklung, Fertigung, Beschaffung und Vertrieb. An der Schnittstelle zur Elektromobilität sind mit jeder dieser Funktionen spezifisches Know-how ebenso wie spezifische Bedarfe und Anforderungen verbunden. Die Analyse des Fachkräftemangels setzt somit eine ganzheitliche Betrachtung aller im Gesamtprozess involvierten Fachkräfte voraus. Abbildung 33 gibt einen ersten Einblick in die Wahrnehmung des Fachkräftemangels seitens der Umfrageteilnehmerinnen und -teilnehmer. Eine detaillierte Analyse bezogen auf akademische und berufliche Qualifikationen wird in Kapitel 5.2 vorgenommen. Spezifische Qualifizierungsbedarfe in der Ablauforganisation werden in Kapitel 5.3 weiter differenziert.

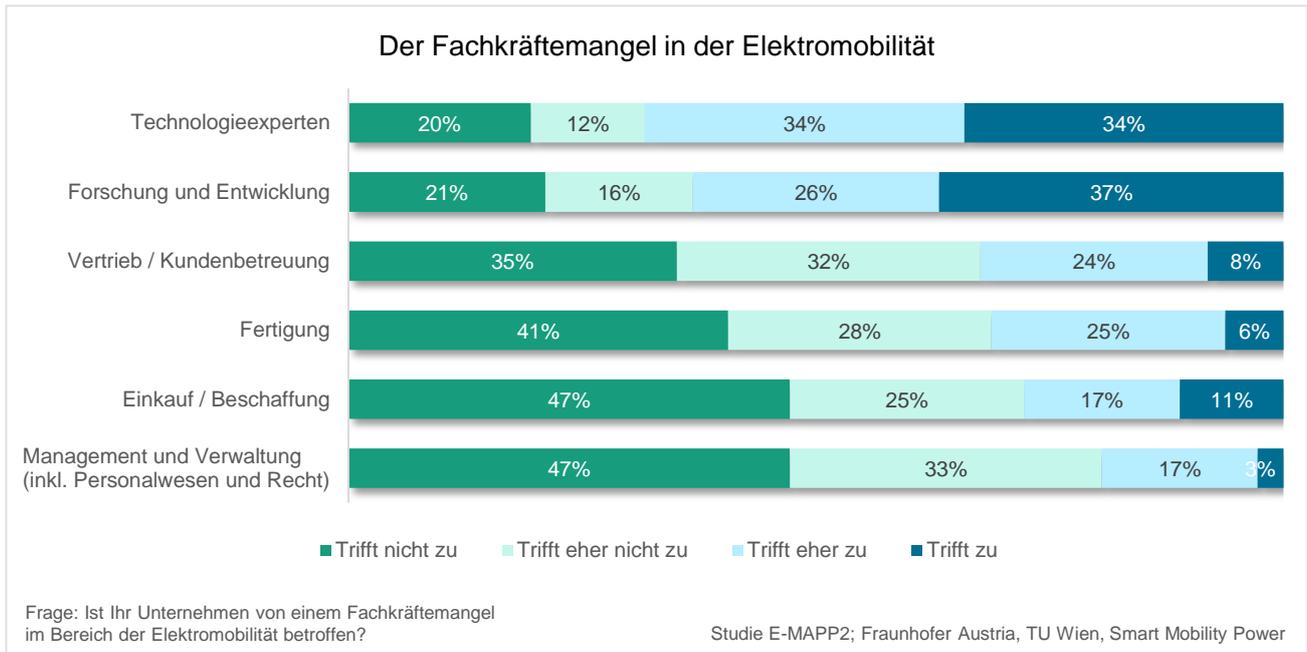


Abbildung 33: Einschätzung des Fachkräftemangels auf Bereichs- und Funktionsebene

Die Ergebnisse suggerieren, dass ein Fachkräftemangel bei Unternehmen primär in der Form von Technologieexpertinnen und -experten und im Bereich FuE existiert. 68 Prozent der Teilnehmerinnen und Teilnehmer geben an, einen Mangel qualifizierter Technologieexpertinnen und -experten zu verspüren, wovon die Hälfte einen hohen Bedarf ausweist. Im Bereich der Fertigung und Produktion sinkt der wahrgenommene Fachkräftemangel erheblich (31 Prozent), wobei lediglich 6 Prozent der Befragten einen starken Mangel anführen. Die geringsten Bedarfe sind den Bereichen Einkauf und Beschaffung (28 Prozent) sowie den Funktionen Management und Verwaltung (20 Prozent) zu entnehmen.

»Der Fachkräftemangel trifft vor allem technologieorientierte, forschungsintensive Unternehmen in Österreich«

Die Experteninterviews bestätigen die Ergebnisse der Onlineumfrage. Die Entwicklungen der vergangenen Jahre sind wesentlich von den Bestrebungen gelenkt, Kosten zu senken, um elektrisch angetriebene Fahrzeuge für einen breiten Markt zugänglich zu machen. Unternehmen, die über diese Jahre in der Erforschung und Entwicklung von Prototypen involviert waren, zählen im internationalen Vergleich zu den Technologie- und Themenführern. Entsprechend ergeben sich Bedarfe an Fachkräften insbesondere in hochspezialisierten Themenfeldern, bspw. der Entwicklung und Erforschung von Batteriezellen und -systemen. Bedingt durch die bislang geringe Marktdurchdringung, existiert in diesen Themenfeldern nur ein begrenztes Bildungs- und Qualifizierungsangebot. Von einem technologischen und fertigungstechnischen Standpunkt steht der Markt mittlerweile an der Schwelle zur Massenleistungsfähigkeit, womit spezialisierte Berufsbilder erst im Entstehen sind und damit über die kommenden Jahre schrittweise in Lehr- und Qualifizierungsinhalte integriert werden.

Im Bereich der Fertigung und Produktion dürfen notwendige Kompetenzen für E-Fahrzeuge nicht zwangsweise differenziert von Kompetenzen zur Fertigung von Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotor betrachtet werden. Elektromotoren ebenso wie Verbrennungsmotoren bedürfen in der Herstellung etwa vergleichbarer mechanischer Kompetenzen. Am Beispiel des BMW Group Werks Steyr werden bestehende fertigungstechnische Kompetenzen aus der Herstellung von Verbrennungsmotoren für die Fertigung von Antriebsgehäusen für Elektromotoren verwendet, wodurch der Einstieg in die Elektromobilität für den Produktionsstandort erleichtert wird.

»Die Digitalisierung als Verstärker des Fachkräftemangels«

Während der Fachkräftemangel für die Elektromobilität nicht bei allen Unternehmen in Erscheinung tritt, werden digitale Fähigkeiten und Berufsgruppen umso häufiger genannt. Die Suche nach qualifizierten Fachkräften im Gebiet der Digitalisierung ist zum aktuellen Zeitpunkt die vorherrschende Herausforderung bei Personalverantwortlichen. Das voll vernetzte Fahrzeug erfordert immer größeres Fachwissen in den Unternehmen. Dabei sind große Wechselwirkungen dieser zwei Technologiefelder festzustellen: So können Unternehmen angedachte Projekte in der Elektromobilität nicht umsetzen, da es bei der Entwicklung von Smart Services an Fachkräften, bspw. in Form von Software-Architektinnen und -Architekten, fehlt. Für die Automobilindustrie werden IT-Expertinnen und -Experten damit zum entscheidenden Faktor im globalen Wettbewerb.

5.1.2 Auswirkungen des Fachkräftemangels

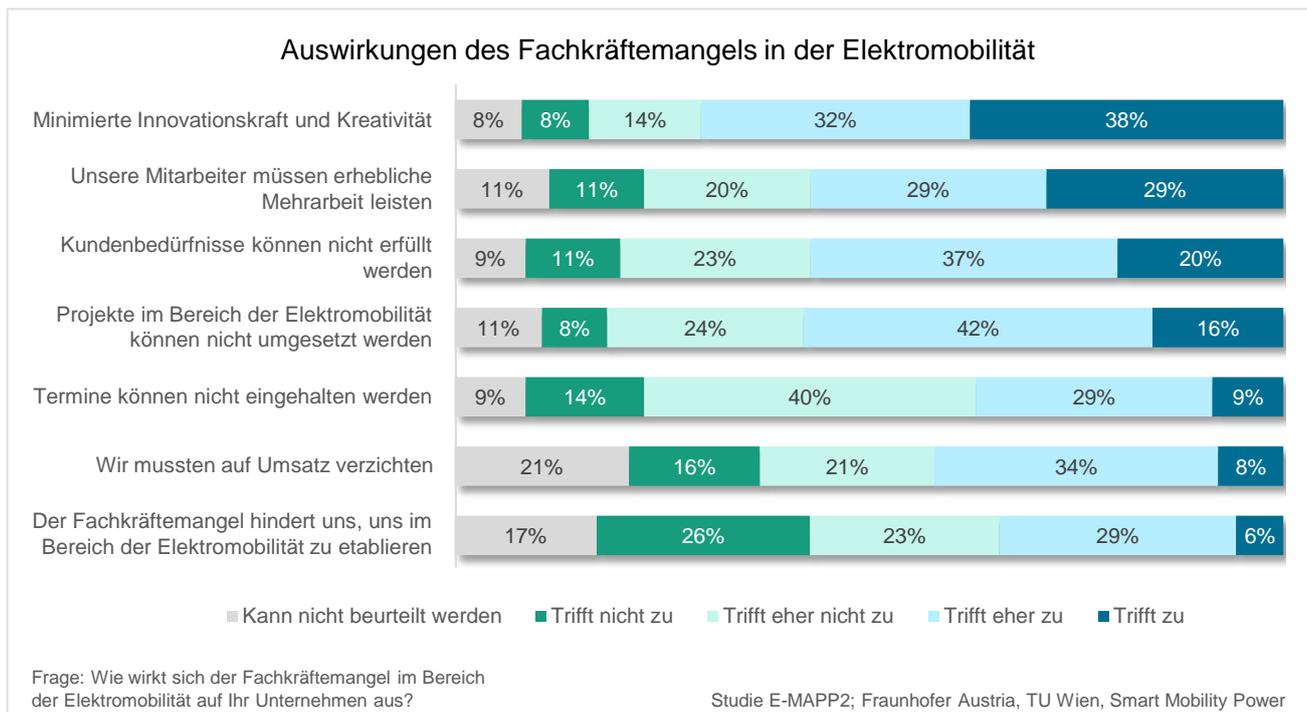


Abbildung 34: Auswirkungen des Fachkräftemangels

Der Fachkräftemangel zieht verschiedene Auswirkungen nach sich, hindert aber die Mehrheit der Umfrageteilnehmerinnen und -teilnehmer nicht, sich im Bereich der Elektromobilität zu etablieren (siehe Abbildung 34). Zumeist schlägt sich der Fachkräftemangel auf die Qualität und Entwicklung von Projekten nieder. So sieht ein Großteil der befragten Unternehmen (70 Prozent) die eigene Innovationskraft und Kreativität aufgrund der begrenzten Ressourcen geschmälert. Ideen und Innovationspotenziale der Unternehmen bleiben ungenutzt, infolgedessen angedachte Projekte nicht umgesetzt (58 Prozent) und Kundenanfragen nicht erfüllt (57 Prozent) werden.

»Der Fachkräftemangel schlägt sich damit direkt auf das realisierbare Wertschöpfungspotenzial österreichischer Unternehmen nieder«

Die Umfrageergebnisse zeigen außerdem, dass die zusätzlichen Lasten meist von den bestehenden Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern getragen werden. Bei 58 Prozent der Befragten ist erhebliche Mehrarbeit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter notwendig, um Projekte in der Elektromobilität durchzuführen.

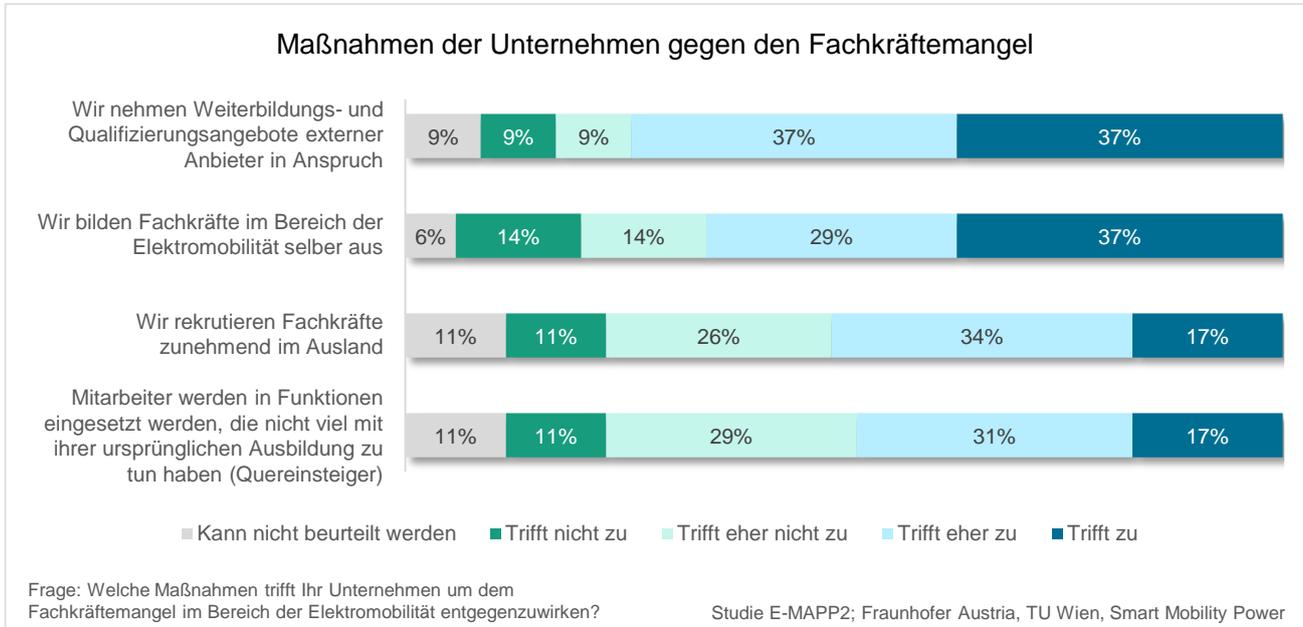


Abbildung 35: Maßnahmen der Unternehmen gegen den Fachkräftemangel

Die generelle verstärkte Zusammenarbeit mit Personaldienstleistern oder die Auslagerung von Tätigkeiten an Dienstleisterinnen und Dienstleister mit Know-how sind nur einige der Maßnahmen, mit denen österreichische Unternehmen dem Fachkräftemangel entgegenreten. 74 Prozent der Umfrageteilnehmerinnen und -teilnehmer nehmen Bildungsangebote externer Anbieterinnen und Anbieter in Anspruch. 66 Prozent setzen auf betriebsinterne Aus- und Weiterbildungsprogramme, um die eigenen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu qualifizieren. Dabei sind geringe Tendenzen abhängig von der Unternehmensgröße zu erkennen. Während kleine bis mittelgroße Unternehmen vermehrt auf externe Anbieterinnen und Anbieter zurückgreifen, besitzen große Unternehmen und Konzerne wie AVL und Infineon oftmals eigene Einrichtungen (*Academies*), in denen maßgeschneiderte Inhalte durch betriebliches Bildungspersonal vermittelt werden. Dabei wird auch das Ziel verfolgt, das generierte Wissen in FuE im Sinne des Wissenstransfers nach außen zu tragen. Zu einem großen Teil werden Qualifizierungsprogramme in den betriebsinternen Bildungseinrichtungen sogar anlassbezogen aufgesetzt, um Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für bestimmte Projekte zu qualifizieren. Allgemein zeigen die Umfrageresultate, dass sowohl bei KMU als auch bei großen Unternehmen ein hoher Bedarf externer Qualifizierungs- und Weiterbildungsangebote gegeben ist.

Aus den Interviews und der Umfrage geht außerdem hervor, dass Unternehmen (48 Prozent) systematisch Quereinsteigerinnen und Quereinsteiger einsetzen, mit denen Know-how in der Elektromobilität schrittweise aufgebaut wird. Eine weitere Auswirkung des Fachkräftemangels ist in der ansteigenden Rekrutierung internationaler Expertinnen und Experten zu beobachten. Speziell in forschungsnahen, hochtechnologischen Themengebieten existieren weder nationale Bildungsangebote noch akademische Lehrgänge, sodass Fachkräfte über die Ländergrenzen hinaus rekrutiert werden. In etwa die Hälfte der Befragten (51 Prozent) gibt an, Fachkräfte für die Elektromobilität zunehmend im Ausland rekrutieren zu müssen.

*„Bei Kreisel liegt der Fokus auf regionaler Rekrutierung, Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Dennoch müssen Spezialistinnen und Spezialisten für den zukünftigen weiteren Mitarbeiterausbau zunehmend **international rekrutiert werden.**“*

Markus Kreisel,
Geschäftsführer, Kreisel Electric
GmbH & Co KG

5.2 Fachkräftemangel nach akademischen Abschlüssen und Lehrberufen

5.2.1 Akademische Qualifizierung

Elektrotechnik	Automatisierungstechnik	Mechatronik	Embedded Systems	Rechtswissenschaften	Industrial Design	Techn. Informatik
	Elektrische Energiesysteme		Energie- und Umweltmanagement			
Elektronik		Informatik		Energietechnik	Anlagenbetriebstechnik	Chemieingenieurwesen
	Wirtschaftsingenieurwesen		Maschinenbau		Werkstofftechnik	
					Wirtschaftswissenschaften	Techn. Mathem.

Studie E-MAPP2; Fraunhofer Austria, TU Wien, Smart Mobility Power

Abbildung 36: Notwendige akademische Qualifikationen für die Elektromobilität nach Anzahl der Nennungen in der Onlineumfrage

Die Elektromobilität treibt die Akademisierung der Automobilbranche voran. Meta-Analysen von Stellenangeboten zufolge verlangt der bei weitem größte Anteil ausgeschriebener Stellen im Bereich Elektromobilität einen Hochschulabschluss. Insbesondere bei Ingenieurinnen und Ingenieuren und IT-Spezialistinnen und -Spezialisten ergäben sich große Chancen, vom Wandel zur Elektromobilität zu profitieren. [47] Die Umfrageergebnisse bestätigen dieses Bild. Abbildung 36 gibt einen Einblick der gefragtesten Qualifikationen für die Elektromobilität. Nicht überraschend zählen Ingenieurinnen und Ingenieure in den Spezialisierungen Elektrotechnik und Elektronik ebenso wie Expertinnen und Experten in den Gebieten Automatisierungstechnik, elektrische Energiesysteme und Informatik zu den bedeutsamsten Qualifikationen für die Elektromobilität. Das Feld wird durch vorwiegend technische Studienrichtungen komplettiert.

Herausforderungen an das Studienangebot

Mit einer Vielzahl unterschiedlicher Studiengänge an erstklassigen Universitäten bieten die Hochschulen in Österreich attraktive Voraussetzungen für nationale und internationale Studentinnen und Studenten. Sowohl in Richtung Grundlagenforschung, angewandte Forschung ebenso wie Lehre auf hohem und höchstem Niveau ist das österreichische Bildungssystem international wettbewerbsfähig. Fachhochschulen bieten darüber hinaus integrative Konzepte, Lehrinhalte gemeinsam mit Unternehmen der Industrie aufzusetzen, sodass der Praxisbezug der vermittelten Inhalte gesteigert wird. Trotz der guten Voraussetzungen sind weitere Anpassungen am Bildungssystem notwendig, um Fachkräfte bestmöglich für die Elektromobilität zu qualifizieren:

- » Abseits der Fachhochschulen sind Studieninhalte oftmals zu theoretisch aufgebaut. Die Integration praktischer Projekte in den Lehrplänen ebenso wie vertiefende Kooperationen mit Unternehmen sind einige der Potenziale, um Absolventinnen und Absolventen nach ihrem Studienabschluss effektiver einzusetzen.
- » Durch den schnellen technologischen Wandel sind im Studium angeeignetes Wissen und Kenntnisse außerdem bereits nach kürzester Zeit obsolet. Hier stehen Hochschulen in der Verantwortung, Konzepte zur Nachqualifizierung der Absolventinnen und Absolventen unter dem Begriff des lebenslangen Lernens zu erarbeiten.
- » Klassische Studiengänge müssen um spezifische Inhalte im Bereich der Elektromobilität erweitert werden. Hierbei fehlen einschlägige Spezialisierungen oder eigene Studiengänge (z. B. Bachelor Elektromobilität), welche die vielfältigen Produkte und Services im Bereich Elektromobilität adressieren:
 - Durchgängige Vermittlung von Grundlagenwissen der Elektromobilität und alternativer Antriebstechnik sowohl in technischen Studiengängen ebenso wie in Wirtschaft und Recht.
 - Ausbau der Spezialisierungsmöglichkeiten auf innovative Technologien, bspw. in Richtung Wasserstofftechnologien (Elektrolyse, Speichersysteme, Tankstelleninfrastruktur, Balance-of-Plant-Komponenten etc.).
 - Know-how-Aufbau und Spezialisierungsmöglichkeiten im Bereich der Batterietechnologien (Erforschung von Batteriezellen, Thermomanagement, Entwicklung von Batteriemanagementsystemen (BMS), innovative Materialwissenschaften).
 - Fokussierung auf zukünftige Berufsfelder, bspw. im Themengebiet der funktionalen Sicherheit von E-Fahrzeugen. Hier sind große Expertenmängel und Bedarfe seitens österreichischer Unternehmen festzustellen, ebenfalls bedingt durch die aktuellen Entwicklungen im Bereich des autonomen Fahrens.
 - Informatikkenntnisse sind für integrierte Anwendungen von zentraler Bedeutung für die Entwicklung der Elektromobilität (vergleiche Kapitel 5.1.1). Erforderliche Grundlagen (z. B. Coding/Programmierung, Software-Architektur, etc.) sollten in allen technischen Studienrichtungen vermittelt werden. Im Kontext der Digitalisierung gewinnen Kompetenzen in den Bereichen Distributed Systems, Embedded Systems, Cloud/Edge Computing und künstliche Intelligenz an immer größerer Bedeutung.

*„Durch den Wechsel zur Elektromobilität fallen bei der Ingenieurausbildung keine Themenfelder weg, stattdessen kommen neue hinzu. Der Fokus sollte verstärkt auf einer **fundierten Grundlagenausbildung** liegen – mit spezieller **Förderung der Interdisziplinarität**. Nur so können zukünftig notwendige maximale Expertise und höchste Flexibilität der Ingenieurinnen und Ingenieure erreicht werden.“*

Dr. Peter Prenninger, Corporate Research
Coordination, AVL List GmbH

- » Bei der Erweiterung des Studienangebots ist der Fokus auf Interdisziplinarität aufgrund der Vielzahl beteiligter Wissensbasen nicht zu vernachlässigen. Absolventinnen und Absolventen müssen die sektorenübergreifenden Themenfelder des ganzen E-Mobilitätssystems verstehen können.
- » Die Möglichkeiten dualer Studiengänge werden primär von großen Konzernen genutzt, um Studieninhalte auf die eigenen Anforderungen hin beeinflussen zu können. Dies schließt kleine bis mittelgroße Betriebe aus, die aufgrund begrenzter Ressourcen keine Expertinnen und Experten für die Entwicklung von Lehrinhalten abstellen können. An dieser Stelle sind passende Konzepte erforderlich, um Anforderungen und Forschungsthemen von KMU in Lehrinhalte zu integrieren.
- » Im Kontext dualer Studiengänge nutzen Unternehmen die Vergabe von Praktikantenstellen, um zukünftige Fachkräfte anzulernen. Hier sind in der Praxis massive Einschränkungen gegeben, Fachkräfte und Studentinnen und Studenten aus Drittstaaten als studentische Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einzustellen. Wer in Österreich studiert, sollte auch die Möglichkeit haben, parallel im Rahmen von bezahlten Praktika Erfahrungen zu sammeln.

Der Fachkräftemangel heute und morgen

Während Abbildung 36 eine Übersicht der für die Elektromobilität relevanten akademischen Qualifikationen bereitstellt, liefert die folgende Darstellung eine spezifische Aussage zum Mangel an Fachkräften in den jeweiligen Abschlüssen. Abbildung 37 gibt eine Übersicht des aktuellen (graue Markierungen) sowie des in fünf Jahren erwarteten (blaue Markierungen) Fachkräftemangels seitens der Umfrageteilnehmerinnen und -teilnehmer. Die Auswertung offenbart ein zweiseitiges Bild. Bis auf wenige Ausnahmen sind keine eklatanten Mängel an Fachkräften am Arbeitsmarkt zu erkennen. Die österreichische Unternehmenslandschaft kann den Ergebnissen entsprechend auf einer soliden Basis an gut ausgebildeten Fachkräften aufbauen.

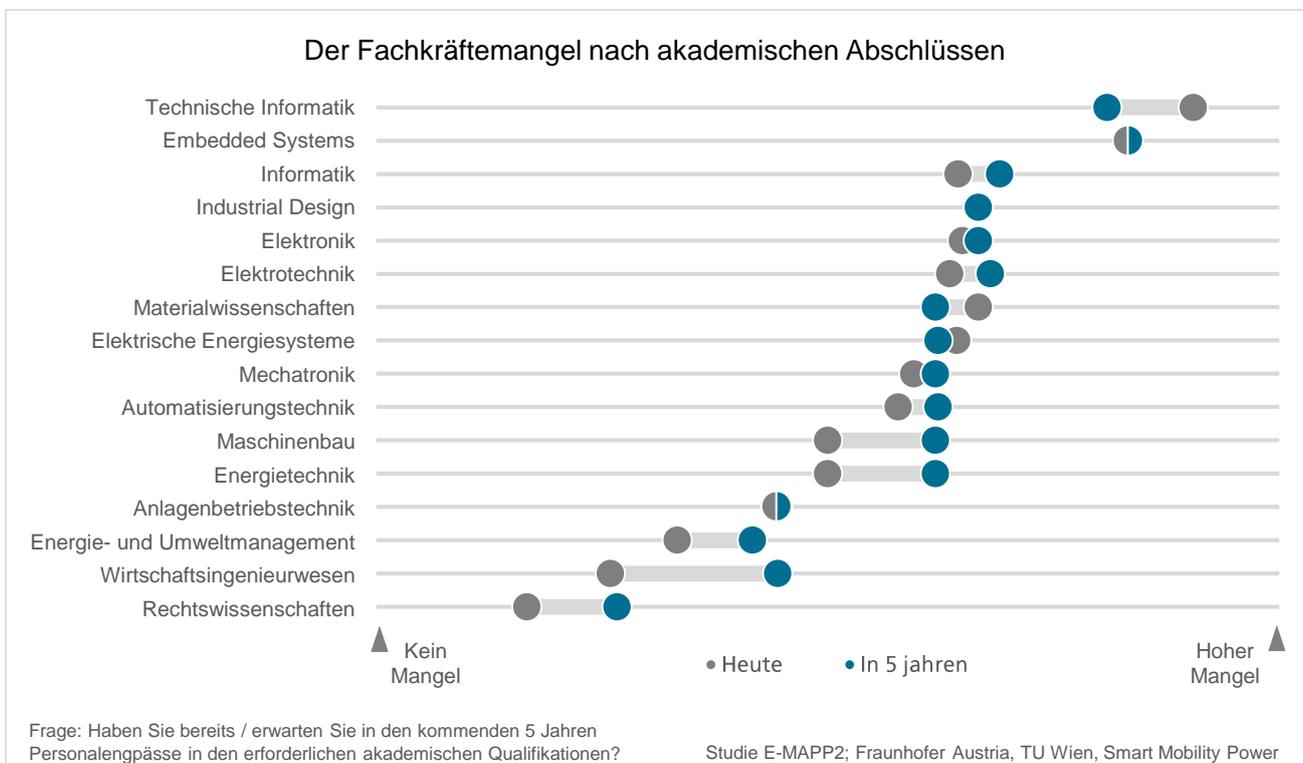


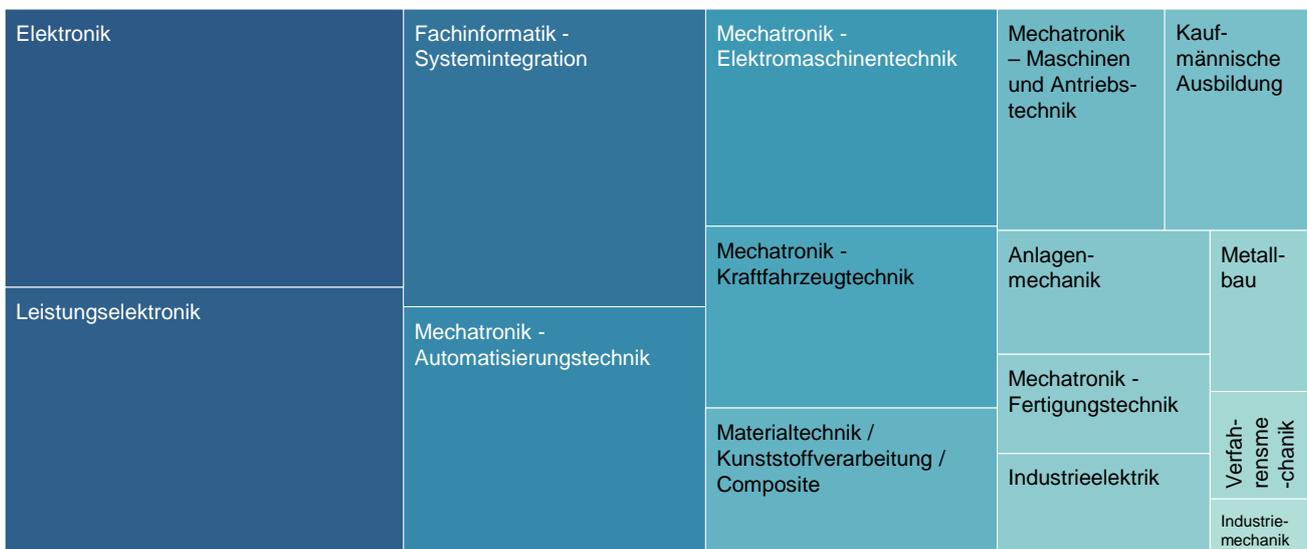
Abbildung 37: Aktueller und zukünftig erwarteter Fachkräftemangel nach akademischen Abschlüssen

Aktuelle Fachkräftemängel sind eher den Enablern der digitalen Transformation – den Studiengängen Informatik und Embedded Systems – ebenso wie den Studiengängen Industrial Design, Elektronik, Elektrotechnik und Materialwissenschaften zu entnehmen. Dies entspricht dem in der Einleitung formulierten Umstand, wonach aktuelle personelle Herausforderungen der Unternehmen eher den Themenfeldern Digitalisierung und künstliche Intelligenz zuzuordnen sind.

Der grundsätzlich positiven Momentaufnahme stehen auf der anderen Seite pessimistischere Zukunftserwartungen gegenüber: Demnach erwarten die Umfrageteilnehmerinnen und -teilnehmer mit dem Wandel zur Elektromobilität und der voranschreitenden digitalen Transformation in fast allen akademischen Fachrichtungen eine Verschärfung der Lage am Arbeitsmarkt. Der demografische Wandel liefert weiteren Nährboden für diese Erwartungen.

5.2.2 Berufsausbildung

Berufsausbildungen stellen im Vergleich zu akademischen Abschlüssen einen deutlich kleineren Teil der Stellenanzeigen in der Automobilbranche. [47]



Studie E-MAPP2; Fraunhofer Austria, TU Wien, Smart Mobility Power

Abbildung 38: Notwendige berufliche Qualifikationen für die Elektromobilität nach Anzahl der Nennungen in der Onlineumfrage

Parallel zum Studienangebot nehmen technische Lehrgänge in den Themenfeldern (Leistungs-) Elektronik, Informatik und Mechatronik die wichtigsten Plätze im Wandel zur Elektromobilität ein. Ergänzend zu dem klassischen in der Darstellung angeführten Lehrangebot, existiert ein hoher Bedarf an Lehrstellen in neuen Technologiefeldern, bspw. im Bereich der Batterietechnik.

Herausforderungen an das Lehrangebot

Auch im Bereich der beruflichen Qualifikationen sind keine gravierenden Engpässe zu verzeichnen, welche die Unternehmen vor unlösbare Probleme in Richtung Elektromobilität stellen. Dennoch haben die Befragten mit einigen Herausforderungen zu kämpfen, passende Fachkräfte anzuwerben und zu qualifizieren:

- » Die Ausbildungsinhalte müssen um einschlägige Kompetenzen im Bereich der Elektromobilität erweitert werden. Im Lehrgang KFZ-Mechanikerin/KFZ-Mechaniker braucht es direkte Spezialisierungen für die Elektromobilität:
 - Lehrberufe im Gebiet der Elektronik bedürfen weiterer Vertiefungen zu Halbleitertechnologien und Leistungselektronik in Verbindung mit den Schwerpunkten Steuerung, Schnittstellenmanagement und Mess- und Regelungstechnik. Ebenso sind Spezialisierungen im Schaltungsdesign von Niederspannungs- bis Hochvoltanwendungen gefragt.
 - Auch in Lehrberufen sind Kompetenzen in der Informatik und technischen Informatik ein Muss. Dazu müssen Ausbildungsmöglichkeiten im Bereich Programmiersprachen, Embedded System, künstliche Intelligenz gefördert werden.
- » Unternehmen erwarten sich Allrounder mit einem breiten Systemverständnis. Lehrlinge mit technischer/naturwissenschaftlicher Ausbildung müssen Probleme eigenverantwortlich verstehen und lösen können.
- » Die Umfrageergebnisse ebenso wie tiefergehende Experteninterviews decken hohe Defizite im Bereich der Grundlagen auf. Diese reichen von Sprachdefiziten, mangelnden Kenntnissen mathematischer Grundlagen bis hin zu wenig ausgeprägten persönlichen und sozialen Skills. Neben dem Fachwissen müssen soziale Skills in der Ausbildung mit demselben Stellenwert adressiert werden.
- » Die Möglichkeit der Lehre und die damit verbundenen Anforderungen an Schülerinnen und Schüler müssen wieder aufgewertet werden. Dabei muss an der ewigen Polarität zwischen Matura und Berufsausbildung angesetzt werden. Ein Paradigmenwechsel ist notwendig, sodass es auch für Schülerinnen und Schüler mit Matura attraktiv wird, eine Lehre zu absolvieren.

Der Fachkräftemangel heute und morgen

Abbildung 39 gibt eine Übersicht des aktuellen (graue Markierungen) sowie des in fünf Jahren erwarteten (blaue Markierungen) Fachkräftemangels bezogen auf Lehrstellen. Vergleichbar zum Fachkräftemangel akademisch Qualifizierter bewegen sich die Experteneinschätzungen zum Fachkräftemangel beruflich Qualifizierter im Mittelfeld. Die Auswertung suggeriert keinen Überfluss am Arbeitskräfteangebot. Andererseits sind ebenso keine eklatant hohen Mängel festzustellen. Aktuelle Bedarfe sind wiederum in den Bereichen Informatik, Leistungselektronik sowie in Mechatronikausbildungen diverser Schwerpunkte angesiedelt. Bei den befragten Unternehmen äußern sich diese Bedarfe, dass Stellen regelmäßig mit höherqualifizierten Kräften besetzt werden müssen. Mit Blick auf die Zukunft erwarten die Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer auch im Bereich der Berufsausbildung zunehmende Schwierigkeiten, gut ausgebildete Fachkräfte zu rekrutieren.

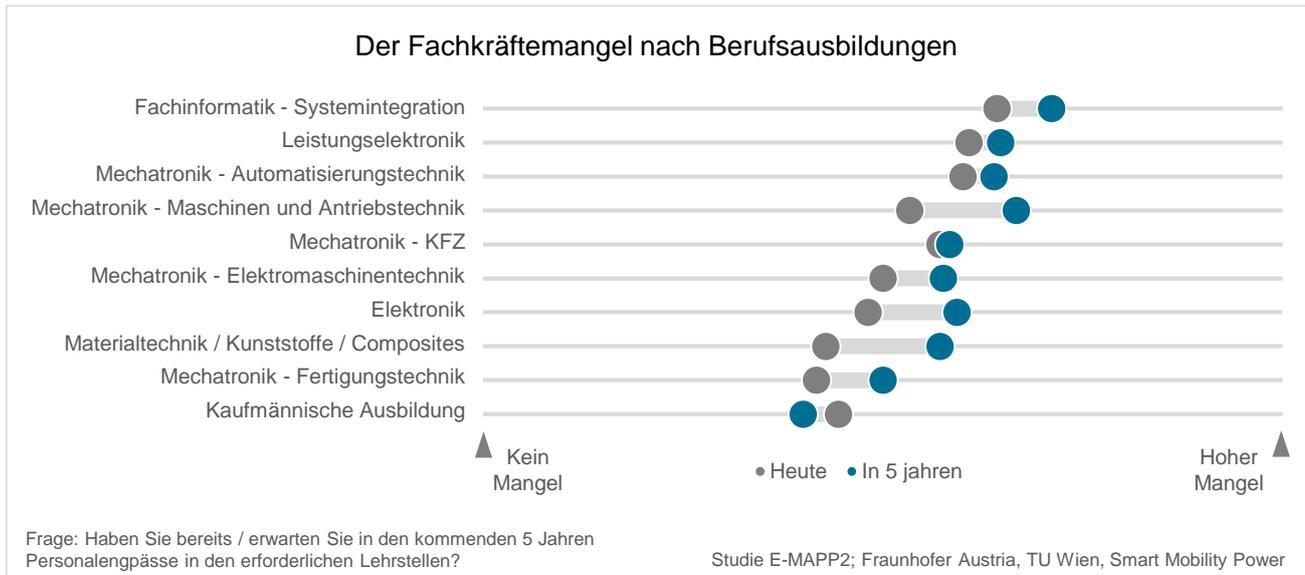


Abbildung 39: Aktueller und zukünftig erwarteter Fachkräftemangel nach beruflichen Qualifikationen

5.3 Qualifizierungs- und Schulungsbedarfe nach Funktionsbereichen

Die kontinuierliche Qualifizierung und Schulung der eigenen Belegschaft ist ein essenzieller Schritt auf dem Weg zum Erfolg. Investitionen in die Weiterbildung allein ermöglichen es nicht, die notwendigen Kompetenzen im Unternehmen aufzubauen: Sie fördern ebenso die Akzeptanz des technologischen Wandels und damit Motivation und Engagement bei der Umsetzung von Projekten. Abbildung 40 gibt eine Übersicht, in welchen Funktionsbereichen aus Sicht der Unternehmen die größten Schulungsbedarfe auftreten. Die Analyse differenziert zwischen Bedarfen auf Fachkräfte- und Führungskräfteebene.

*„Aufgrund der **Komplexität des Produkts, des Produktionssystems** als auch des **Netzwerkes**, sind Projektmanagementkompetenzen essenziell. Diese Fähigkeit unterscheidet Neueinsteiger von lang etablierten Unternehmen in der Automobilindustrie.“*

Dr. Alexander Susanek,
Geschäftsführer, BMW Group Werk Steyr

Die Ergebnisse bestätigen, dass Technologieexpertinnen und -experten aktuell den größten Bedarf aus der Industrie darstellen, mit welchen innovative Themenfelder in Forschung und Entwicklung vorangetrieben werden können. Dass an zweiter Stelle Schulungsangebote im Projektmanagement besonders gefragt sind, begründet sich durch die Komplexität des Produkts sowie die einhergehenden komplexen, verketteten Produktionssysteme. Diese setzen ein hohes Maß an Projektmanagementkompetenzen voraus, welche letztendlich über den Erfolg oder Misserfolg von Bestrebungen im gesamten Automotive-Bereich bestimmen. Für eine wirksame Unterstützung der Unternehmen muss neben der Vermittlung von Technologiekompetenzen der Fokus auf die Know-how-Lücke zum Umbau der Wertschöpfungskette gelegt werden.



Abbildung 40: Qualifizierungs- und Schulungsbedarf nach Funktionsbereichen in den Unternehmen

Funktionsbereich	Schulungsbedarf
Forschung und Entwicklung	<ul style="list-style-type: none"> » Schulung im Bereich neuer Antriebskonzepte für Elektromobilität » Schulungen für Ladetechnik und -infrastruktur » Informatikschulungen (AI, Embedded Systems, Distributed Systems) » Regulative Schulungen zu Automotive-Normen in der Elektromobilität » Schulungen zur fertigungsgerechten Entwicklung von Komponenten
Konstruktion	<ul style="list-style-type: none"> » Schulungen für neue Konstruktionsprogramme (AutoCAD)-Programme » Schulungen im Bereich der Materialwissenschaften für E-Fahrzeuge » Schulungen zur fertigungsgerechten Entwicklung von Komponenten
Montage	<ul style="list-style-type: none"> » Schulung im Bereich neuer Technologien in der Elektromobilität » Schulung IPC-Standard für Quereinsteigerinnen und Quereinsteiger
Produktion	<ul style="list-style-type: none"> » Basisschulungen E-Antriebe » Löt- und Schweißkurse » Schulungen Wasserstoff – Komponenten Brennstoffzelle, Elektrolyseur » Schulungen Lean Management
Projektmanagement	<ul style="list-style-type: none"> » Grundausbildung sowie fachliche Weiterbildung für die Durchführung technischer Projekte mit Fallbeispielen (Praxisbezug) » Schulungen im Bereich Kosten-, Zeit- und Qualitätsmanagement » Regulative Schulungen zu Automotive-Normen in der Elektromobilität
Qualitätsmanagement	<ul style="list-style-type: none"> » Umfassende Qualitätsmanagementschulungen
Service und Wartung	<ul style="list-style-type: none"> » Schulungen zum Umgang mit elektrifizierten Fahrzeugen bez. Sicherheit » Schulungen zur Inbetriebnahme von Wasserstofftankstellen, Elektrolyseuranlagen etc.

Tabelle 3: Geforderte Qualifizierungs- und Schulungsinhalte der Umfrageteilnehmerinnen und -teilnehmer auf Fachkräfteebene

In Tabelle 3 ist ein Überblick der geforderten Schulungsinhalte auf Fachkräfteebene seitens der Umfrageteilnehmerinnen und -teilnehmer gegeben. Die Inhalte richten sich neben spezifischem Fachwissen in den jeweiligen Funktionsbereichen insbesondere auf technische Grundlagen-schulungen zu neuen Technologien, der elektrischen Antriebstechnik sowie zugehörigerer Infrastrukturkomponenten.

Funktionsbereich	Schulungsbedarf
Forschung und Ent- wicklung	<ul style="list-style-type: none"> » Soft Skills: Teambuilding, Gruppendynamik, Social Skills » Schulungen im Bereich Netzwerkaufbau » Kurse für flexible Projektsteuerung » Basisschulungen Informatik für Führungskräfte (AI) » Schulungen zur fertigungsgerechten Entwicklung von Komponenten
Konstruktion	<ul style="list-style-type: none"> » Schulungen im Bereich der Materialwissenschaften » Schulungen zur fertigungsgerechten Entwicklung von Komponenten
Management und Ver- waltung (inkl. Personalwesen und Recht)	<ul style="list-style-type: none"> » Führungskräfte-schulungen, Führung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, Gruppen-dynamik » Schulungen im Bereich Flexibilisierung und Exportorientierung » Schulungen im Bereich Innovationsmanagement » Basisschulungen Informatik für Führungskräfte (AI)
Montage	<ul style="list-style-type: none"> » Basisschulungen im Bereich neuer Technologien » Montagespezifische Schulungen (ESD, Verbindungstechnik ...)
Produktion	<ul style="list-style-type: none"> » Basisschulungen im Bereich neuer Technologien
Projektmanagement	<ul style="list-style-type: none"> » Schulungen mit Schwerpunkt: Überzeugungsarbeit leisten, Führung ohne Experten-wissen, Qualitätssicherung, Termintreue » Schulungen zu Normen und rechtlichen Grundlagen der Elektromobilität
Qualitätsmanagement	<ul style="list-style-type: none"> » Schulungen zu Normen und rechtlichen Grundlagen der Elektromobilität – Grund-wissen über Elektronik und Werkstoffe wie Magnete

Tabelle 4: Geforderte Qualifizierungs- und Schulungsinhalte der Umfrageteilnehmerinnen und -teilnehmer auf Führungs-kräfteebene

Tabelle 4 listet gewünschte Schulungsinhalte auf Führungskräfteebene. Im Unterschied zu den eher technisch ausgerichteten Grundlagenschulungen für Fachkräfte steht die Vermittlung sozialer Kompetenzen für Positionen mit Personalverantwortung an oberster Stelle. Mit dem neuartigen Charakter der Elektromobilität und den damit verbundenen organisatorischen Umstellungen der Unternehmen genießt die Fähigkeit, Überzeugungsarbeit und Begeisterung zu schaffen, einen hohen Stellenwert bei den Unternehmen. Die Ergebnisse decken sich mit den Erkenntnissen der tieferehenden Experteninterviews. Speziell im Fall großer Unternehmen zählen solche in ihrer Branche häufig zu den Markt- und Themenführern, sodass externer Schulungsbedarf nicht im technischen Bereich angesiedelt ist. Stattdessen liegt der Fokus der Leistungsbeschaffung vor allem im Bereich sozialer Fertigkeiten, wo externe Expertinnen und Experten der Organisation einen Mehrwert liefern können.

Neben den Schulungsinhalten spielt das Format der Wissensvermittlung eine entscheidende Rolle in der Personalentwicklung. Dabei steigt der Stellenwert der Ausbildungsformate mit dem praktischen Bezug der Ausbildung. Die direkte Erklärung und Einarbeitung am Arbeitsplatz – »Training on the job« – steht an oberster Stelle der gewünschten Ausbildungsformate der Umfrageteilnehmerinnen und -teilnehmer. Ebenso wird das Personalentwicklungsinstrument »Mentoring« bevorzugt eingesetzt, mit welchem erfahrene Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ihr Fach- und Erfahrungswissen an unerfahrene Personen weitergeben.

Ein Großteil der Unternehmen greift auf das Angebot externer Schulungsanbieter zurück. Hier nehmen Unternehmen insbesondere Zertifikatskurse in Anspruch, welche sich durch eine zeitlich vertretbare Dauer auszeichnen. Ebenso können Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durch die Zertifizierung einfacher extrinsisch motiviert werden. Am unteren Ende der gefragten Ausbildungsformate rangiert schließlich die Wissensvermittlung über Methoden des E-Learnings. Das Angebot dualer Studiengänge spielt nach der quantitativen Auswertung der Umfrageergebnisse ebenso eine verminderte Rolle; hierbei ist allerdings zwischen kleinen und großen Unternehmen zu unterscheiden. Kooperationen mit Hochschulen werden primär durch große Unternehmen getrieben, welche genügend Zeit und menschliche Ressourcen für die Entwicklung maßgeschneiderter Studieninhalte bereitstellen können. Kleinere Unternehmen können das Angebot dualer Studiengänge hingegen nur schwer nutzen, da die wenigen fachlichen Expertinnen und Experten nicht vom Tagesgeschäft abgesetzt werden können.

5.4 Qualifizierungshindernisse aus Sicht der Unternehmen

Damit Unternehmen vom Qualifizierungsangebot heimischer Bildungseinrichtungen profitieren können, ist die flächendeckende Vermarktung des Angebots eine notwendige Voraussetzung. An dieser Stelle sind erste Mängel zu erkennen: Im Durchschnitt geben alle Umfrageteilnehmerinnen und -teilnehmer an, nur wenig bis mäßig mit dem bestehenden Bildungsangebot vertraut zu sein. Leichte Korrelationen sind mit sinkender Unternehmensgröße zu erkennen: Kleine Unternehmen kennen das Angebot allgemein besser als größere Unternehmen. Dies lässt sich mit der Tatsache begründen, dass kleinere Unternehmen eher auf externes Bildungsangebot angewiesen sind und die Qualifizierung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter nicht über interne Programme abdecken können.

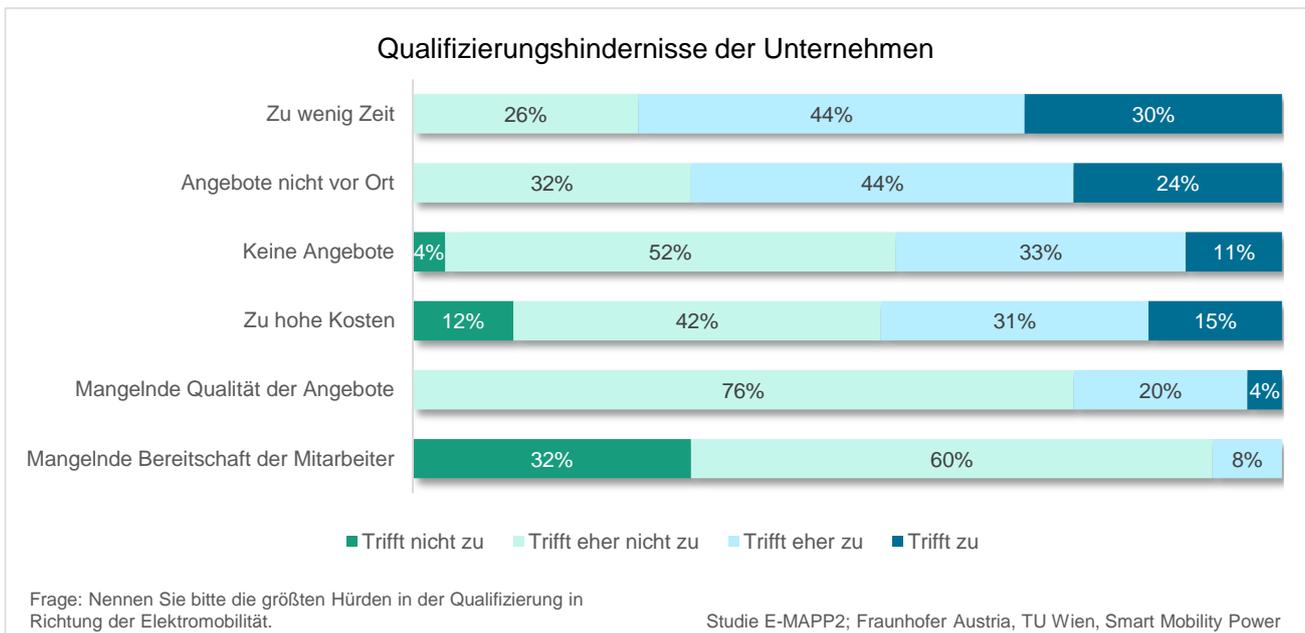


Abbildung 41: Qualifizierungshindernisse der Unternehmen

Dass existierende Angebote nur unzureichend genutzt werden, hat neben mangelndem Kenntnisstand noch weitere Ursachen, die in Abbildung 41 dargestellt sind. Auffallend ist, dass mangelnde Bereitschaft der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für die Unternehmen wohl kein Hindernis darstellt, an Weiterbildungskursen teilzunehmen. An oberster Stelle der größten Hindernisse steht stattdessen die üblichste aller Ursachen: der Faktor Zeit. Bis zu welchem Grad sich diese Herausforderung in den Unternehmen selbst lösen lässt, bspw. im Sinne besserer Prioritätensetzung, kann anhand der Umfrageergebnisse nicht beurteilt werden.

An zweiter Stelle der aktuellen Herausforderungen werden geografische Ursachen genannt: Demnach sind existierende Angebote nur in begrenztem Ausmaß lokal bei den Unternehmen verfügbar. Der Faktor Kosten tritt in der Umfrage nicht als entscheidende Barriere in Erscheinung. Ebenso ist den Bedarfen entsprechend kein signifikanter Mangel an Qualifizierungsangeboten zu erkennen. Dies ist zum Teil auf den internationalen Suchraum der Unternehmen zurückzuführen. Auf der Suche nach externen Qualifizierungsangeboten beschränken sich speziell große Unternehmen nicht auf nationale Bildungseinrichtungen, sodass individuelle Angebote, spätestens über die Ländergrenzen hinaus, gegeben sind.

Anhand der Umfrageergebnisse sind ebenfalls keine bemerkenswerten Diskrepanzen in der Qualität des Qualifizierungsangebots festzustellen. Rangierend im Mittelfeld der Likert-Skala, können dem Thema Qualität andererseits keine Potenziale zur Verbesserung abgestritten werden. In diesem Kontext ergeben sich seitens der Umfrage- und Interviewteilnehmerinnen und -teilnehmer insbesondere folgende zu adressierende Herausforderungen:

1. **»Zu theoretisch«:** Der Vorwurf praxisferner akademischer Abschlüsse an Hochschulen lässt sich auf das allgemeine Qualifizierungsangebot im Bereich der Elektromobilität übertragen. Zahlreiche Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer kritisieren den mangelnden Praxisbezug in der Befürchtung, das erlernte Wissen nicht auf den eigenen Anwendungsfall übertragen zu können.
2. **»Zu grundlagenlastig«:** Unternehmen mit hoher Forschungsquote zählen häufig zu den Innovations- und Thementreiberinnen und -treibern im internationalen Wettbewerb. Hier können grundlagenintensive Schulungen generell keinen Wissenszuwachs beschern. Stattdessen sind spezialisierte Kurse erforderlich, um genannten Unternehmen, bspw. im Bereich der Batterieforschung, einen tatsächlichen Mehrwert liefern zu können.
3. **»Zu schnell veraltet«:** Die Elektromobilität bewegt sich in einem forschungsintensiven und schnelllebigen Markt. Dadurch besteht das Risiko, dass Schulungsinhalte schnell veralten und nach kurzer Zeit nicht mehr dem Stand der Technik entsprechen.

»Die Sprache als Barriere«

Durch die Internationalität vieler in der Elektromobilität tätiger Konzerne bestehen große Hürden in den unzureichend vorhandenen Möglichkeiten englischsprachiger Weiterbildungen. Dies betrifft sowohl Studiengänge an Universitäten wie auch extern angebotene Seminare. Konzerne, die sich zum großen Teil aus internationalen Expertinnen und Experten rekrutieren, können damit viele existierende Angebote nicht in Anspruch nehmen.

Disruptive, forschungsintensive Innovationsfelder, als solches auch die Elektromobilität bezeichnet werden kann, leben vom Austausch internationaler Expertinnen und Experten. Die Möglichkeit zur Qualifizierung in englischer Sprache ist damit ein Muss, um innovative Themenfelder aktiv voranzutreiben und die Attraktivität des Forschungs- und Wirtschaftsstandorts Österreichs erhöhen zu können.

6 IMPLIKATIONEN UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Als Wegbereiter für einen ressourcenschonenden Lebensstil nimmt der Wandel zur Elektromobilität auf gesellschaftlicher Ebene einen mindestens genauso großen Einfluss wie auf die klassischen »alten« Wertschöpfungsketten der Automobilindustrie. Durch die rasanten Veränderungen werden die Karten im globalen automotiven Sektor neu gemischt – für Unternehmen gilt es, diese Chance zu nutzen, um sich in diesem Zukunftsmarkt zu platzieren.

Die Ergebnisse dieser Studie belegen, dass der Wandel gleichzeitig eine Reihe an Herausforderungen für heimische Unternehmen, für Qualifizierungsanbieter ebenso wie für den gesamten Wirtschaftsstandort Österreich bereithält. Zur Steigerung der Verwertbarkeit der Projektergebnisse und -erkenntnisse werden die Resultate in zweckmäßigen und zielgerichteten Handlungsempfehlungen zusammengefasst. Die Definition und Clusterung der Handlungsempfehlungen richtet sich dabei nach den drei wichtigsten Stakeholdergruppen dieser Studie:

- » Öffentliche Hand
- » Bildungs- und Qualifizierungseinrichtungen
- » Unternehmen

Abgrenzung der Handlungsempfehlungen:

Die nachfolgend gelisteten Handlungsempfehlungen basieren auf den ermittelten Studienergebnissen. Ziel ist es, standortpolitische Empfehlungen zu den adressierten Fokusthemen Wertschöpfung, Beschäftigung und Qualifizierung von einer neutralen Perspektive widerzugeben. Dabei sind folgende Abgrenzungen und Restriktionen zu beachten:

- » Die Handlungsempfehlungen richten sich vollständig auf die zugrundeliegenden Schwerpunktthemen Wertschöpfung, Beschäftigung und Qualifizierung auf dem Weg zur »Zero Emission Mobility«.
- » Für eine ganzheitliche Gegenüberstellung der zugrundeliegenden Fahrzeugkonzepte sind weitere Hebel, beispielsweise preisliche Faktoren durch den Einfluss von CO₂ Steuern, ökologische Faktoren und Energiebilanzen der Antriebskonzepte, etc. zu berücksichtigen.
- » Die Handlungsempfehlungen geben das durch quantitative Auswertungen und Experteninterviews erhobene Lage- und Stimmungsbild der österreichischen Unternehmen wieder. Eine Analyse, zu welchem Grad die Handlungsempfehlungen bereits umgesetzt werden, wurde nicht durchgeführt. Hier stehen die adressierten Stakeholder in der Verantwortung, einen Abgleich durchzuführen, Ursachen für etwaige Differenzen mit dem Stimmungsbild der Industrie zu identifizieren und entsprechende Maßnahmen aus den Empfehlungen abzuleiten.

6.1 Öffentliche Hand

Regulatorik & Legislative

H1 **Ausarbeitung einfacher und bundes- und landesweit einheitlicher Kriterien für Ladeanlagen, um bestehende Errichtungs-, Betriebs- und Nutzungsbarrieren zu adressieren:** Einfache und einheitliche ordnungspolitische Maßnahmen bilden die Basis für die Stimulierung der Nachfrage von Elektromobilitätsprodukten, die keinen gesonderten Qualifizierungsmaßnahmen nach Bundesland, Eigentumsform oder Ladetechnik bedingen. In der Praxis sind insbesondere in Mehrparteienhäusern hohe bürokratische Aufwände, bspw. bezogen auf Netzanschlüsse, der Errichtung von Energiespeichern sowie Steuerungsanlagen, zu beobachten.

*„Zur flächendeckenden Installation von Ladeinfrastruktur müssen **Bürokratie** und **Regulatorik** vermindert werden. Hier müssen politisch agiert und Kosten sozialisiert werden. Die Errichtung von Ladestationen sollte kein Projekt, sondern ein **Standardprozess** sein!“*

Gerhard Wimmer,
Key Account Manager Energy / E-Mobility, KEBA AG

H2 **Regulatorische Vorgaben im Tempo der Industrie:** Regulatorische Änderungen und Vorgaben müssen mit angemessenem Tempo erfolgen, um Planbarkeit zu gewährleisten und der österreichischen Wirtschaft ausreichend Zeitraum für den Umstieg bereitzustellen. Im Automobilbereich ist mit Entwicklungszyklen von vier bis fünf Jahren zu rechnen. Neue Elektromobilitäts-relevante technische Normen finden kaum oder zu langsam Einzug in Rechtsvorschriften oder Beschaffungsvorschriften. Dies zu beschleunigen wäre essenziell, eine Verbesserung der laufenden Kommunikation zwischen der öffentlichen Hand, der heimischen Industrie und der Forschung und Entwicklung wäre dafür erforderlich.

H3 **Wissensaufbau durch Zusammenarbeit mit ausländischen Studentinnen und Studenten erleichtern:** Im Kontext dualer Studiengänge nutzen speziell große Unternehmen die Vergabe von Praktikantenstellen, um zukünftige Fachkräfte anzulernen. Hier sind in der Praxis massive Einschränkungen gegeben, Fachkräfte und Studentinnen und Studenten aus Drittstaaten als studentische Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einzustellen. Wer in Österreich studiert, sollte auch die Möglichkeit haben, parallel im Rahmen von bezahlten Praktika Erfahrung zu sammeln.

Image- & Werbekampagnen

H4 **Imagekampagnen zur Steigerung der Standortattraktivität: Tech-Standort Österreich:** Nicht wenige Unternehmen stehen vor der Schwierigkeit, insbesondere ausländische Expertinnen und Experten nach Österreich anzuwerben. Um die Ansiedlung von Unternehmen und Start-ups zu fördern, muss sich langfristig das Image als Tech-Standort bei den Fachkräften etablieren. Ein österreichisches »Silicon Valley« wäre zwar der größte Hebel, unter den derzeitigen Rahmenbedingungen aber aufgrund der hohen Kosten schwer umsetzbar.

H5 **Imagekampagnen zur Aufwertung der Lehre:** Die Studienergebnisse zeigen Defizite im Bereich der Basiskompetenzen auf. Diese reichen von Sprachdefiziten, mangelnden Kenntnissen mathematischer Grundlagen bis hin zu wenig ausgeprägten persönlichen und sozialen Skills. Die Möglichkeit der Lehre und die damit verbundenen Anforderungen an Schülerinnen und Schüler müssen wieder aufgewertet werden.

- H6 **Imagekampagnen, um Absolventinnen und Absolventen für die Elektromobilität zu begeistern:** Unternehmen mit bestehendem Kerngeschäft im Bereich der Verbrennungskraftmaschinen haben mit Herausforderungen zu kämpfen, das Image als qualifizierter Partner und Innovationsführer im Gebiet Elektromobilität am Markt zu platzieren. Potenziellen Bewerberinnen und Bewerbern müssen beide Botschaften kommuniziert werden, um aussichtsreiche Kandidatinnen und Kandidaten in beiden Feldern zu gewinnen. Die öffentliche Hand kann sich stärker engagieren, berufliche Perspektiven, insbesondere Karrierechancen, durch Elektromobilität zu bewerben.
- H7 **Konsistente Informationspolitik bei der Umsetzung einer transparenten Strategie in Richtung Elektromobilität:** Aus den Experteninterviews geht hervor, dass Unternehmen aufgrund der häufigen Richtungswechsel der letzten Jahre Schwierigkeiten haben, strategische Entscheidungen für den Einstieg in die Elektromobilität zu treffen. In diesem, für Unternehmen noch mit Unsicherheiten behafteten Markt, muss ein einheitliches Bekenntnis der öffentlichen Hand zur Elektromobilität gegeben sein, um speziell KMUs die Dringlichkeit zu vermitteln.
- H8 **Strategieumsetzung der Elektromobilität im Einklang mit der Energiewende:** In Bezug auf eine transparente und konsistente Strategie zur »Zero Emission Mobility« muss die Umsetzung im Einklang mit der Energiewende erfolgen. Dies hat insbesondere imagepolitische Ursachen.

Förderpolitische Maßnahmen

- H9 **Intensivierung der Infrastrukturförderung für den öffentlichen, halb-öffentlichen und privaten Bereich:** Eine starke Verfügbarkeit von öffentlicher Infrastruktur schafft eine Umgebung, die Unternehmen eine einfachere Forschung, Entwicklung und Umsetzung ermöglicht. Die Errichtung selbst hat auch Wertschöpfungspotenzial. Gerade HPC-Ladestellen sind sehr teuer, aber für eine solche Entwicklung notwendig.
- „Für Zulieferer wie OEM gilt: Um die Produktionsumfänge für die Elektromobilität in Österreich auszubauen, muss der Wirtschaftsstandort auch bei den öffentlichen Förderungen international wettbewerbsfähig sein.“*

Dr. Alexander Susaneck,
Geschäftsführer, BMW Group Werk Steyr
- H10 **Technologieneutrale Nachfrage nach netzverträglichen oder regelbaren Ladeanlagen durch langfristig gültige Kriterien schaffen:** Ungesteuertes leistungsintensives Laden von Elektrofahrzeugen verursacht kapitalintensive Netzinvestitionen durch die öffentliche Hand, die vermeidbar sind. Klare technologieneutrale und netzverträgliche Finanz- oder Förderkriterien hinsichtlich verpflichtender Regelbarkeit und Kommunikationsanbindung wirken diesem Aufwand entgegen, stimulieren die Marktnachfrage nach intelligenten Produkten und wirken positiv auf Beschäftigung und Wertschöpfung.
- H11 **Plug-in-Hybride als Übergangstechnologien auf dem Weg zur »Zero Emission Mobility« adressieren:** Aus Sicht der Wertschöpfungseffekte und der Experteninterviews kommt den Hybriden als Übergangstechnologien eine große Bedeutung zu. Vor allem Plug-in-Hybride ermöglichen einerseits das Heranführen der Elektromobilität an die Bevölkerung, andererseits gestehen Sie sowohl dem Fahrzeughandel als auch der Industrie ausreichend Zeit ein, ein breites Service-, Leistungs- und Produktangebot aber auch den Umgang mit dem weiteren Bedarf an Elektroantriebs-relevanten Komponenten aufzubauen und auszurollen. Aus ökologischem Standpunkt sind weitere Stellhebel (z. B. Utility Factor) zu berücksichtigen.

- H12 **Förderung für die Erforschung und Entwicklung von Batterietechnologien und Ansiedelung von Batterie-Produktionsstätten:** Die Studienergebnisse weisen große erschließbare Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte ebenso wie ein starkes vorhandenes FuE-Know-how österreichischer Unternehmen aus. Eine Förderung ist mit hohen Kosten verbunden und – aufgrund des weltweit geringen Marktanteils – aktuell geringen Wirkungen auf die Wertschöpfung. Im Umfeld von Zellfertigungen und Batteriefabriken ist mit der Entstehung und Ansiedelung neuer Unternehmen zu rechnen.
- H13 **Forschungsförderungen zur Ermittlung indirekter Wertschöpfungspotenziale der Elektromobilität:** Im Rahmen dieser Studie werden Wertschöpfungseffekte in der Herstellung von Komponenten und daraus ableitend Beschäftigungseffekte direkt am Prozess beschäftigter Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erarbeitet. Darüber hinaus ergeben sich weitere Potenziale, bspw. im Bereich von Servicedienstleistungen, Effekten zur Errichtung der Infrastruktur etc., die es separat zu eruieren gilt, um die umfänglichen Effekte der Elektromobilität auf die Volkswirtschaft beurteilen und stimulierende Politikinstrumente ableiten zu können.
- H14 **Qualifizierungsförderung für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und Unternehmen:** Die kontinuierliche Weiterbildung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern im Sinne des lebenslangen Lernens wird immer wichtiger, um dem prognostizierten Fachkräftemangel entgegenzuwirken. Die Weiterbildung verursacht geringe Kosten und zeigt nur langsame Verbesserungen. Langfristig bringen solche Maßnahmen aber deutlich mehr Wertschöpfung zurück. Gezielte Anreize und Förderungen zur Qualifizierung in sektorübergreifenden Transitionsthemengebieten – wie der Elektromobilität – schaffen Anreize für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Unternehmen, externes Bildungsangebot in Anspruch zu nehmen.

Vernetzung und Kooperation

- H15 **Kooperationen fördern durch Netzwerktreffen, themendurchgängige Programme und Plattformen:** Kürzere Technologiezyklen bedingen sich immer schneller ändernde Anforderungen seitens der großen OEMs, infolgedessen die Zulieferer unter Druck stehen, entsprechende Partnernetzwerke aufzubauen. Die Studienergebnisse zeigen, dass speziell KMUs Unterstützungsbedarf sehen, langfristige kollaborative Beziehungen aufzusetzen. An dieser Stelle sind geeignete Initiativen, themendurchgängige Programme und Plattformen erforderlich, um eine zweckmäßige Unterstützung der Unternehmen in den neu entstehenden Wertschöpfungsketten zu erreichen.

*„Im heutigen Wettbewerb sind Kooperationen ein Muss für die **Wettbewerbsfähigkeit**. Dasselbe gilt für die **Qualifizierung von Fachkräften** in Österreich und Europa. Der Aufbau von Clustern und die Intensivierung von Kooperationen sind ein notwendiges Mittel, um vom spezifischen **Know-how des Standorts Europa** zu profitieren.“*

Robert Czetina,
Head of Automotive Development
Center, Infineon Technologies Austria AG

6.2 Bildungseinrichtungen und Qualifizierungsanbieter

Handlungsempfehlungen für das Bildungssystem nach ISCED

- H16 Integration von elektromobilitätsspezifischen Inhalten und Spezialisierungen in den Studiengängen:** Klassische Studiengänge müssen um spezifische Inhalte im Bereich der Elektromobilität erweitert werden. Hierbei fehlen einschlägige Spezialisierungen oder eigene Studiengänge (z. B. Bachelor Elektromobilität, interdisziplinäre Masterprogramme), welche die vielfältigen Produkte und Services im Bereich Elektromobilität adressieren und bewerben. In der Ausbildung ist der Fokus auf Interdisziplinarität zu legen, um Fachkräfte mit umfassendem Systemverständnis zu qualifizieren.
- H17 Stärkere Fokussierung neuer Technologien in Forschung und Wissensvermittlung:** Ausbau der Spezialisierungsmöglichkeiten auf innovative Technologien, bspw. in Richtung Wasserstofftechnologien (Elektrolyse, Speichersysteme, Tankstelleninfrastruktur, Balance-of-Plant-Komponenten etc.), und im Bereich der Batterietechnologien (Erforschung von Batteriezellen, Thermomanagement, Entwicklung von Batteriemangement-systemen (BMS), Materialwissenschaften etc.).
- H18 Steigerung des Praxisbezugs in der Ausbildung durch Integration realer Anwendungsbeispiele und Wettbewerbskonzepte wie Technik des Lebens Preise oder Formula Student:** Abseits der HTLs und Fachhochschulen sind Lehrinhalte oftmals zu theoretisch aufgebaut. Die Integration praktischer Projekte in die Lehrpläne, die Förderung interschulischer und -universitärer Wettbewerbskonzepte ebenso wie vertiefende Kooperationen mit Unternehmen sind einige der Potenziale, um Absolventinnen und Absolventen nach ihrem Abschluss effektiver einsetzen zu können.
- H19 Vermittlung digitaler Basiskompetenzen in frühen Bildungsstufen:** Durch neue Digitalisierungsansätze werden IT-Spezialistinnen und -Spezialisten auch in der Automobilindustrie zur Notwendigkeit im globalen Wettbewerb. Aus Sicht der befragten Unternehmen zählen digitale Fähigkeiten zu den gefragtesten Fähigkeiten neuer Anwerberinnen und Anwerber. Hier ist der größte Bedarf an Fachkräften festzustellen. Um langfristig qualifizierte und international wettbewerbsfähige Fachkräfte auszubilden, sind digitale Kompetenzen und Fähigkeiten (z. B. Programmiersprachen) bereits im Kindesalter zu vermitteln.
- H20 Integration von KMU-Anforderungen in die Gestaltung akademischer Studienpläne:** Die Potenziale dualer Studiengänge werden primär von großen Konzernen genutzt, um Studieninhalte auf die eigenen Anforderungen hin beeinflussen zu können. Dies schließt kleine bis mittelgroße Betriebe aus, die aufgrund begrenzter Ressourcen keine Expertinnen und Experten für die Entwicklung von Lehrinhalten abstellen können. An dieser Stelle sind ein entsprechender Austausch und Initiativen erforderlich, um Anforderungen und Forschungsschwerpunkte von KMU in Studienpläne zu integrieren.
- H21 Erarbeitung von Konzepten für die Nachqualifizierung von Absolventen:** Durch den schnellen technologischen Wandel sind im Studium angeeignetes Wissen und Kenntnisse außerdem bereits nach kürzester Zeit obsolet. Hier stehen Hochschulen in der Verantwortung, Konzepte zur Nachqualifizierung der Absolventen unter dem Begriff des lebenslangen Lernens stärker zu fokussieren.
- H22 Kooperationen zwischen Unternehmen und Hochschulen forcieren:** Für den Transfer von Forschungsergebnissen und die Überführung auf industrielle Anwendungsfelder sind Kooperationen zwischen Hochschulen und Unternehmen essenziell. Speziell im Kontext der Qualifizierung von Fachkräften kommt den Hochschulen auch in Kooperationsbeziehungen eine hohe Bedeutung zu, da das Know-how gegeben ist, das Wissen an die Fachkräfte zu bringen.

Handlungsempfehlungen für das Qualifizierungsanbieter

H23 **Übergreifende Erarbeitung von Kompetenzanforderungen an die Elektromobilität und Standardisierung des Schulungsangebots:** Ähnlich zur Ausbildung der Mechatronikerin bzw. des Mechatronikers kommen in der Elektromobilität neue Kompetenzanforderungen aus diversen Ausbildungen zusammen. Es ist notwendig, die erforderlichen Kenntnisse für die Elektromobilität aufzuzeigen und einheitlich zu definieren sowie daraus ein gezieltes Studien- und Qualifizierungsangebot für Unternehmen abzuleiten.

*„Für die Elektromobilität sollte eine **konzentrierte Übersicht** gegebener **Kompetenzanforderungen** sowie vorhandener **Ausbildungsinitiativen** für die Unternehmen geschaffen werden. Für Qualifizierungsanbieter liegt darin eine **Chance**, ein entsprechend strukturiertes und **standardisiertes Angebot** anzubieten.“*

KommR Veit Schmid-Schmidfelden,
Geschäftsführer, Rupert Fertinger GmbH

H24 **Bessere Vermarktung des Schulungs- und Qualifizierungsangebots:** Die Studienergebnisse und Expertenbefragungen zeigen, dass existentes Angebot nur einem kleinen Teil der Unternehmen bekannt ist. In Kombination mit der Standardisierung des Schulungsangebots liegt hier eine Chance in der verbesserten Vermarktung.

H25 **Stärkere Fokussierung fach- und themenspezifischer Schulungsinhalte:** Das Schulungsangebot ist allgemein zu grundlagenlastig aufgebaut und damit für Unternehmen mit hoher Forschungsquote ungeeignet. Hier sind ein Bedarf für spezialisierte Schulungsinhalte, bspw. in der Batterieforschung und -entwicklung, ebenso wie eine stärkere Ausrichtung auf aktuelle Fachkräftemängel, etwa bei Normexpertinnen und -experten und im Themengebiet der funktionalen Sicherheit elektrischer Fahrzeuge, gegeben.

H26 **Schwerpunktsetzung von Schulungsangeboten auf die Fachgebiete Projektmanagement und Qualitätsmanagement im Kontext der Elektromobilität:** Mit den tiefgreifenden Veränderungen besteht eine der größten Know-how-Lücken bei Unternehmen im Umbau der Wertschöpfungskette. Hier sind spezifische Fach- und Methodenkompetenzen im Projektmanagement erforderlich, um komplexe verkettete Produktionssysteme für ein komplexes Produkt aufstellen zu können. Nach Expertinnen und Experten für FuE sehen Unternehmen den größten Qualifizierungsbedarf im Projekt- und Qualitätsmanagement der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

H27 **Stärkere Berücksichtigung von Soft-Skill-Schulungen im Qualifizierungsangebot:** Die Elektromobilität stellt besondere Anforderungen an die Interdisziplinarität und damit an die erforderlichen Soft-Skills der Fachkräfte. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter müssen Offenheit und Kooperationsfähigkeit ebenso wie notwendige Führungskompetenzen aufweisen, damit die Kompetenzträgerinnen und -träger zielgerichtet und gemeinsam Lösungen entwickeln können. Insbesondere bei beruflich Qualifizierten ist ein hoher Bedarf in der Entwicklung der Soft-Skill-Kompetenzen gegeben.

H28 **Förderung praxisnaher Qualifizierungsformate für Angestellte im Vollzeit-Angestelltenverhältnis:** Neben den Schulungsinhalten spielt das Format der Wissensvermittlung eine entscheidende Rolle in der Personalentwicklung. Unternehmen wünschen sich vor allem praxisnahe Formate, die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus Zeit- und Ressourcengründen auch als Vollzeitkräfte ausführen können. Zertifikatskursen kommt eine hohe Bedeutung zu, mit denen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einfacher extrinsisch motiviert werden.

- H29 **Qualifizierungsangebote auf Englisch – auch zur Förderung der Standortattraktivität:** Durch die Internationalität vieler Konzerne in der Elektromobilität bestehen große Hürden in den unzureichend vorhandenen Möglichkeiten englischsprachiger Weiterbildungen. Dies betrifft sowohl Studiengänge an Universitäten wie auch extern angebotene Seminare. Konzerne, die sich zum großen Teil aus internationalen Expertinnen und Experten rekrutieren, können den Expertenbefragungen zufolge viele existierende Angebote nicht in Anspruch nehmen.
- H30 **Qualifizierung der nicht direkt betroffenen Berufsgruppen:** Ein Hemmnis der Elektromobilität liegt ebenso in der unzureichenden Qualifizierung angrenzender Berufsgruppen. Sowohl Käuferinnen und Käufer als auch Automechanikerinnen und -mechaniker, Elektrikerinnen und Elektriker, Juristinnen und Juristen etc. müssen entsprechend qualifiziert werden, um Vertrauen in diesem Markt aufzubauen.

6.3 Industrieunternehmen

- H31 **Positionierung eines Leistungsangebots in der Elektromobilität:** Die Elektromobilität kommt. Auch wenn der Markt mit Unsicherheiten behaftet ist, dürfen sich Unternehmen nicht auf bestehenden Geschäftsfeldern ausruhen. Stattdessen ist eine Weiterentwicklung erforderlich. Dazu sollten bestehende Cashcows genutzt werden, um ein Leistungsangebot in der Elektromobilität aufzustellen.
- H32 **Ausarbeitung der eigenen Kernkompetenzen:** Der erste Schritt liegt in der Kenntnis der eigenen prozess- und produktseitigen Kernkompetenzen, die es auf das Anwendungsfeld Elektromobilität zu überführen gilt. Die Ausarbeitung eigener Stärken und Schwächen ist eine notwendige Voraussetzung, um Alleinstellungsmerkmale aufzubauen. Für den Markteintritt sind, gemessen an der durchschnittlichen Unternehmensgröße in Österreich, speziell Nischenmärkte zu fokussieren.
- H33 **Definition erreichbarer Ziele sowie einer klaren strategischen Vorgehensweise in Richtung Elektromobilität:** Die Investition in die Zukunft erfordert ein klares Bekenntnis, ebenso wie definierte Ziele und Strategien seitens der Unternehmen. Wer gänzlich auf Vorgaben der öffentlichen Hand abwartet, riskiert, den Umstieg zu verpassen. Eine durchgängige Vermittlung im gesamten Unternehmen steigert ebenso die Bereitschaft der Belegschaft, sich entsprechend zu qualifizieren.
- H34 **Definition erforderlicher Kompetenzen für die Elektromobilität:** Die Personalstrategie der Unternehmen muss mit der Unternehmensstrategie übereinstimmen. Erst wenn man sich der geforderten Qualifikationsspezifikationen für die Elektromobilität bewusst ist, kann Bezug auf die Herausforderungen genommen und Fachwissen bzw. Fachkräfte aufgebaut werden.
- H35 **Ausbau der Kooperationen mit Wirtschaft und Wissenschaft:** Die immer kürzeren Technologiezyklen und die damit verbundenen Anforderungswechsel der großen OEMs erfordern seitens der Zulieferer eine Intensivierung der Kooperationsbeziehungen. Neben der Bündelung von Ressourcen steht im Kontext der Elektromobilität speziell der Erfahrungsaustausch mit Wirtschaft und Wissenschaft im Vordergrund, um innovative Produkte entwickeln, anbieten und sich am Markt der Elektromobilität etablieren zu können.

6.4 Priorisierung der Handlungsempfehlungen

Die dargestellten Handlungsempfehlungen unterscheiden sich von der Art der Maßnahmen, der Flughöhe ebenso wie den zugrundeliegenden Zeithorizonten, von der Umsetzung bis zur Auswirkung auf die Wertschöpfungskette der Elektromobilität. Gleichermäßen ist bei zahlreichen Empfehlungen eine hohe Relevanz über das Themenfeld Elektromobilität hinaus gegeben. Um den in dieser Studie adressierten Stakeholdern eine Priorisierung der Handlungsempfehlungen zu ermöglichen, werden diese in Abbildung 42, Abbildung 43 und Abbildung 44 in ein Aufwand-Nutzen Portfolio überführt.

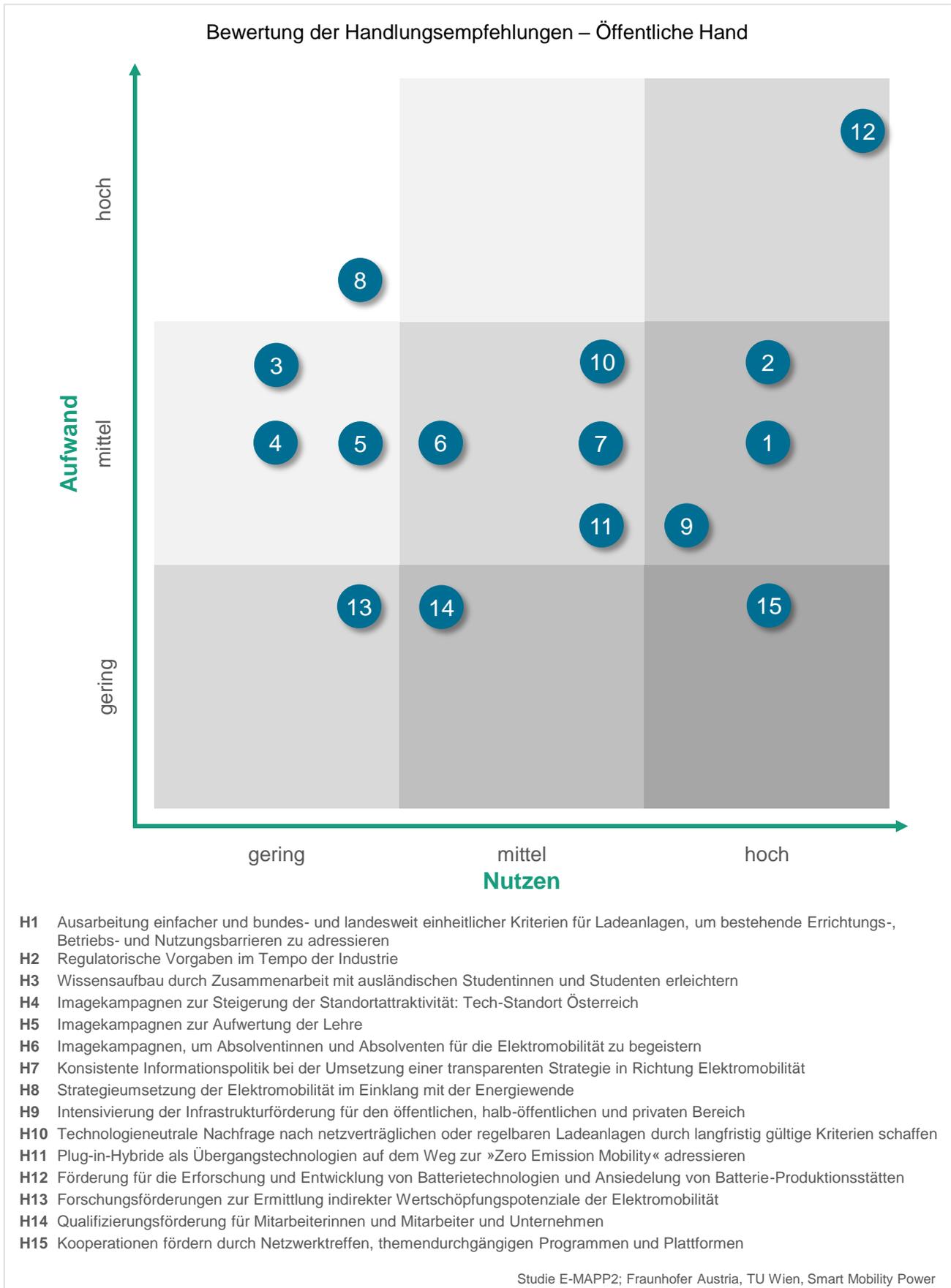


Abbildung 42: Bewertete Übersicht der Handlungsempfehlungen für die öffentliche Hand

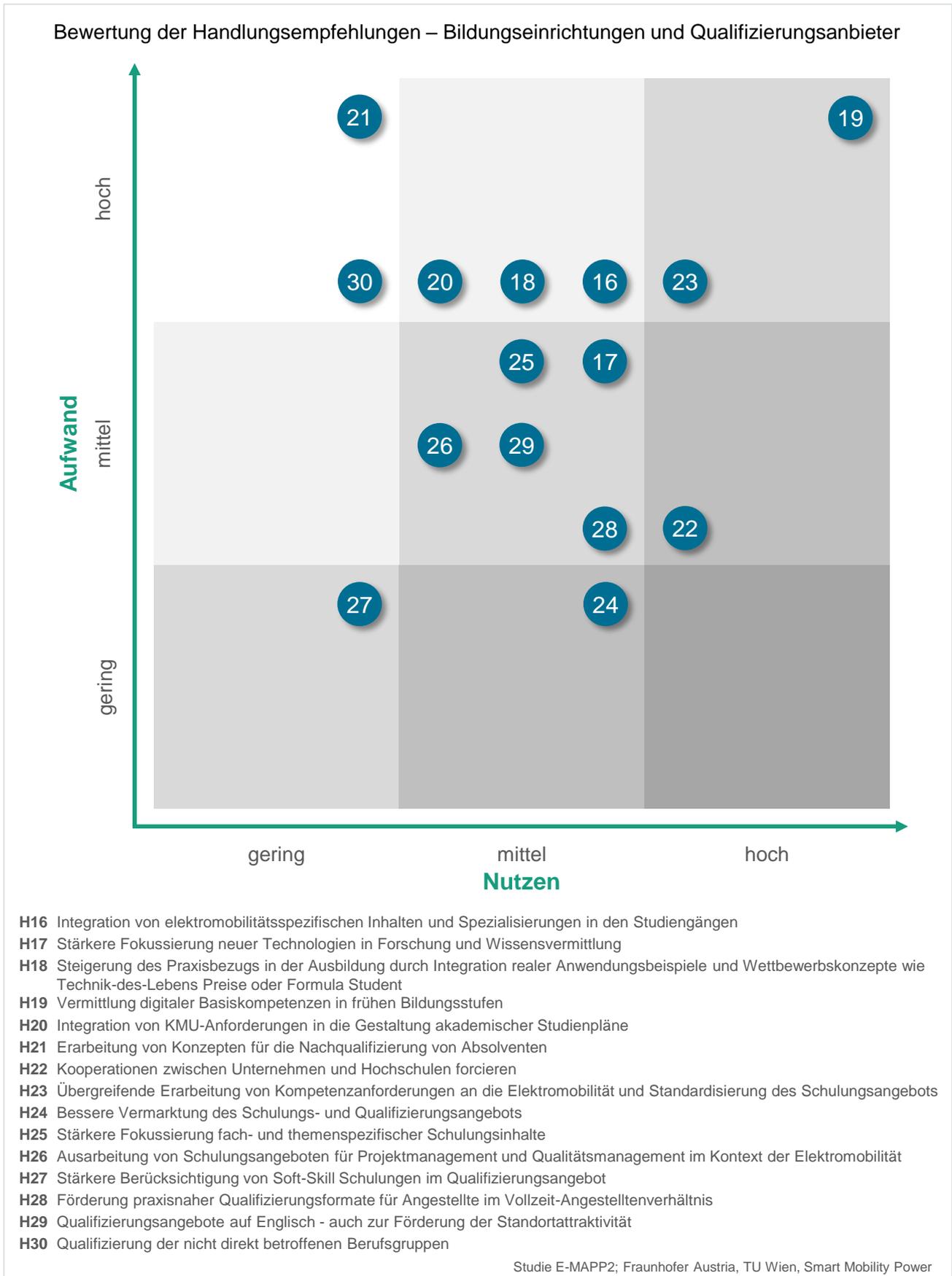


Abbildung 43: Bewertete Übersicht der Handlungsempfehlungen für Bildungseinrichtungen und Qualifizierungsanbieter

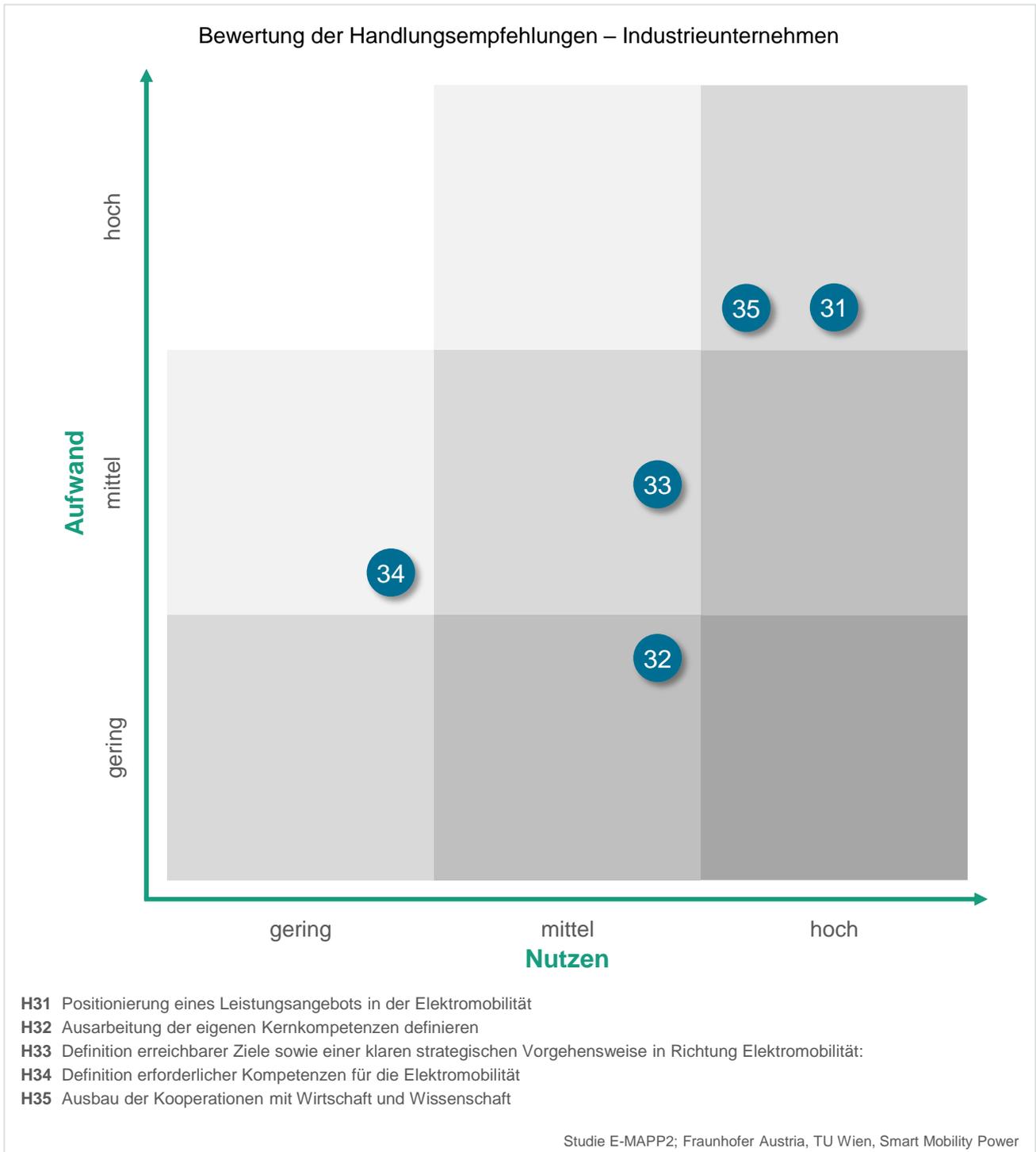


Abbildung 44: Bewertete Übersicht der Handlungsempfehlungen für Industrieunternehmen

7 VERGLEICH DER ERGEBNISSE MIT AKTUELLEN ARBEITEN

In einer Studie aus 2019 wurden Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte untersucht, die sich aus dem wachsenden Anteil elektrisch angetriebener Fahrzeuge ergeben. Die Autorinnen und Autoren kommen zum Ergebnis, dass in dem wahrscheinlichsten »Realszenario« die Wertschöpfung der Automobilwirtschaft um 1,7 Prozent oder mehr als 500 Mio Euro bis 2030 sinken würde. In der Herstellung von Kraftwagen würden sogar 3,9 Prozent der Wertschöpfung wegfallen. Außerdem würden 1,5 Prozent der Arbeitsplätze in der Automobilwirtschaft (1,2 Prozent in der Automobilindustrie) verloren gehen, was in absoluten Zahlen gut 6 000 Arbeitsplätzen entspricht. [13] Diese scheinbar im Widerspruch zu der vorliegenden Studie stehenden Ergebnisse sind mit grundlegenden Unterschieden in der Methodik zu erklären.

Während eine ähnliche Verteilung der Stückzahlen verkaufter PKW prognostiziert wird, gibt es wesentliche Unterschiede in der Vorgehensweise, um die volkswirtschaftlichen Effekte zu errechnen. Die Autorinnen und Autoren betrachten die ganze Automobilwirtschaft, die bspw. auch Taxi-betriebe, Straßenbau oder Vermietung von Kraftwagen umfasst, und errechnen basierend auf den Wertschöpfungsströmen der gesamten Volkswirtschaft die direkten, indirekten (z. B. durch Zulieferer) und induzierten (z. B. durch Konsum der in der Automobilwirtschaft Beschäftigten) Wertschöpfungseffekte. In der vorliegenden Studie hingegen wurde der Fokus auf das Wertschöpfungspotenzial der Industrie gelegt, und somit wurden keine induzierten Effekte oder solche, die nicht direkt mit der Fahrzeugproduktion in Zusammenhang stehen, betrachtet. Außerdem wurde die Wertschöpfung auf Basis der Weltmarktanteile auf Komponentenebene errechnet und aggregiert, anstatt die Änderungen in der Nachfrage auf die Wertschöpfungsströme der gesamten Volkswirtschaft zu extrapolieren.

Die in Deutschland zu erwartenden Beschäftigungseffekte wurden in einigen Publikationen mit teilweise sehr unterschiedlichen Ergebnissen abgeschätzt. In der Studie *ELAB 2.0* wurden ausgehend von den Kernkomponenten der verschiedenen Antriebsstränge die Beschäftigungseffekte für verschiedene Neuzulassungsquoten von BEV und PHEV in einem Bottom-up-Ansatz ermittelt. Die Autorinnen und Autoren kommen zum Schluss, dass 88 000 der 200 000 Arbeitsplätze in der Antriebsstrangherstellung 2017 bis 2030 nicht mehr benötigt werden. [48] In dem *IAB Forschungsbericht 08/2018* wurden in einem Top-down-Ansatz ausgehend von einer Zunahme der Neuzulassungsquote die Beschäftigungseffekte auf die gesamte Volkswirtschaft und ihre einzelnen Branchen abgeleitet. Die Autorinnen und Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass bis 2030 gegenüber 2017 gesamtwirtschaftlich mehr als 60 000 Arbeitsplätze weniger benötigt werden als in dem Referenzszenario mit gleichbleibender Neuzulassungsquote, wobei der Großteil davon die Automobilindustrie betrifft. [49]

Positive Beschäftigungseffekte sieht hingegen der Bundesverband eMobilität e.V. (BEM). Dieser hat errechnet, dass allein der Aufbau der Ladeinfrastruktur, die bis 2025 300 000 Ladepunkte im öffentlichen und bis 2030 10 Mio Ladepunkte im privaten Raum umfassen soll, mehr als 255 000 zusätzliche Arbeitsplätze schafft. [50] Auch ein Arbeitspapier aus 2017 des Fraunhofer-Instituts für System und Innovationsforschung (ISI) kommt durch die Analyse bisheriger Studien zu dem Schluss, dass eine gleichbleibende oder positive Nettobilanz des Automobilstandorts Deutschland zu erwarten ist. Dabei wird betont, dass die Ergebnisse sehr von den zugrundeliegenden Annahmen zur Entwicklung der Industriestruktur abhängen. [51]

Es lässt sich zusammenfassend feststellen, dass die Prognose der volkswirtschaftlichen Effekte des wachsenden Anteils elektrisch angetriebener Fahrzeuge zufolge abhängig von der Vorgehensweise mitunter sehr unterschiedliche Ergebnisse liefert. Die Ergebnisse von Studien zu diesem Thema müssen somit immer im Kontext ihres Betrachtungsbereichs, der zugrundeliegenden Annahmen und der Methodik der Berechnung betrachtet werden.

8 AUSBLICK UND WEITERER FORSCHUNGSBEDARF

Die im Rahmen dieser Studie ermittelten Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale sowie die Qualifizierungsbedarfe umfassen derzeit nur die produzierende Industrie von PKW und Ladeinfrastruktur. Da der Wandel zur Elektromobilität auch noch zahlreiche weitere Berufsgruppen (Automobilhandel, Mobilitätsanbieter, Elektrikerinnen und Elektriker, Baubranche zur Installation von Ladeinfrastruktur etc.) betrifft, ist es sinnvoll, auch diese im Detail zu untersuchen und entsprechende Handlungsempfehlungen abzuleiten. Des Weiteren beschränkt sich diese Studie mit der Elektromobilitätswende in der PKW-Produktion. Da die Elektromobilität auch im Bereich der Nutzfahrzeuge und im (Personen-)Transportwesen (LKW, Busse etc.) Einzug halten wird, sind auch diese Bereiche bei einer ganzheitlichen Bewertung der Effekte der Elektromobilität zu durchleuchten.

Der Wandel zur Elektromobilität ist einer der vorherrschenden Trends und eine große Herausforderung für die Fahrzeugindustrie. Begleitet wird dieser Trend jedoch von anderen aufkommenden Trends und Technologien wie Mietmodellen, Carsharing-Konzepten und dem autonomen Fahren. In dieser Studie wurde der Fokus ausschließlich auf die Wende vom fossilen zum teil- und vollelektrischen Antrieb in Straßenfahrzeugen und dessen direkten Infrastrukturwirkungen gelegt. Die Einflussfaktoren und weiteren Potenziale, die durch begleitende Trends für die Fahrzeugindustrie und Bauwirtschaft entstehen, wurden zur transparenten Darstellung der Auswirkungen durch die Elektromobilität bewusst ausgegrenzt.

Viel diskutiert wird auch der Vergleich der Null-Emissionstechnologien rein elektrisch betriebener und geladener Fahrzeuge mit den Brennstoffzellenfahrzeugen. Das hier hinterlegte Stückzahl-szenario misst dem Brennstoffzellenantrieb mit Wasserstoff auch bis zum Zeithorizont 2030 nur eine untergeordnete Rolle bei. Die Potenziale der Brennstoffzelle entfalten sich insbesondere im Bereich der Nutzfahrzeuge und Autobusse. An dieser Stelle sind weiterführende Studien notwendig, um zweckmäßige Handlungsempfehlungen für diese Technologie herauszuarbeiten.

9 ANHANG

9.1 Wertschöpfungspotenziale Hauptkomponenten nach ÖNACE-Klassen

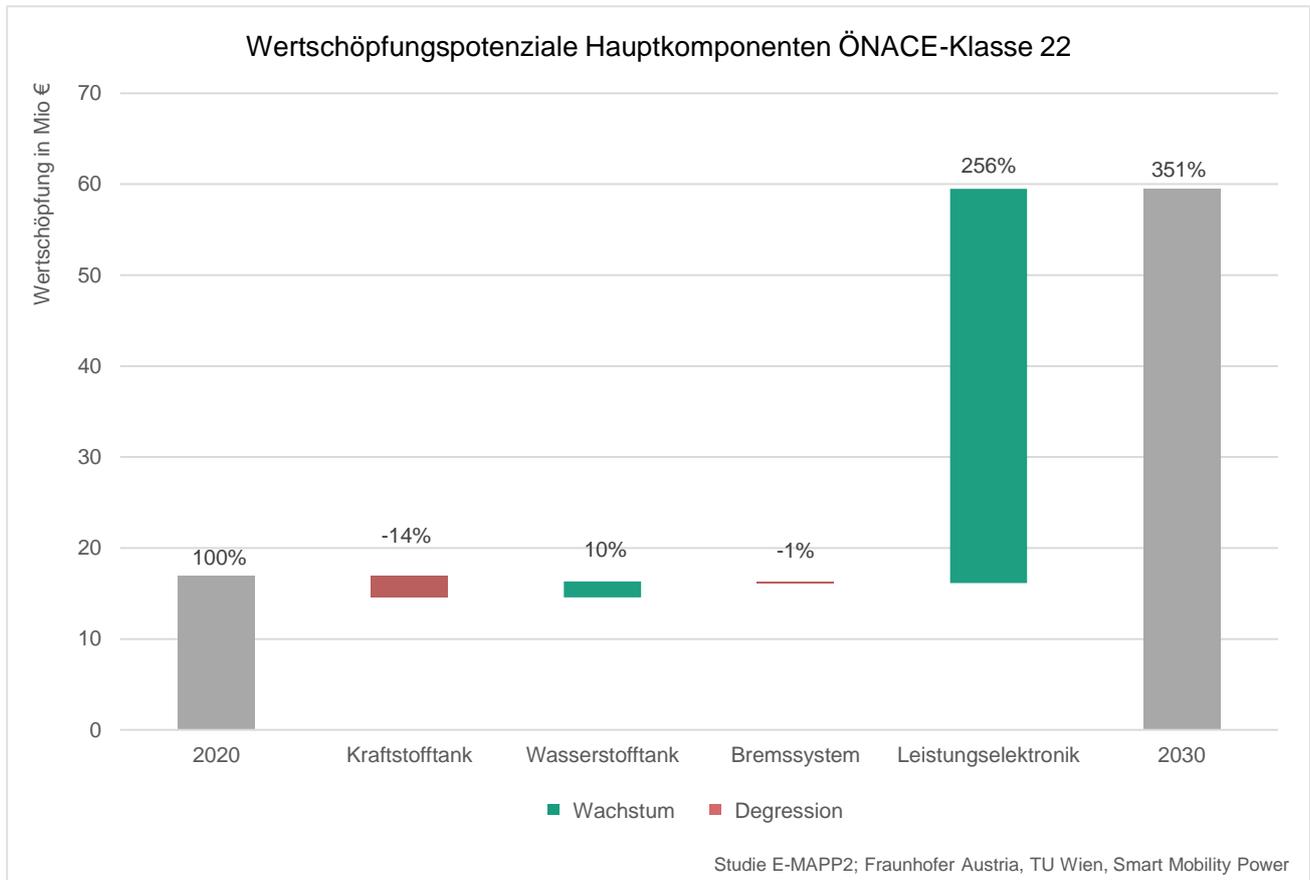


Abbildung 45: Wertschöpfungspotenziale auf Hauptkomponentenebene – ÖNACE-Klasse 22

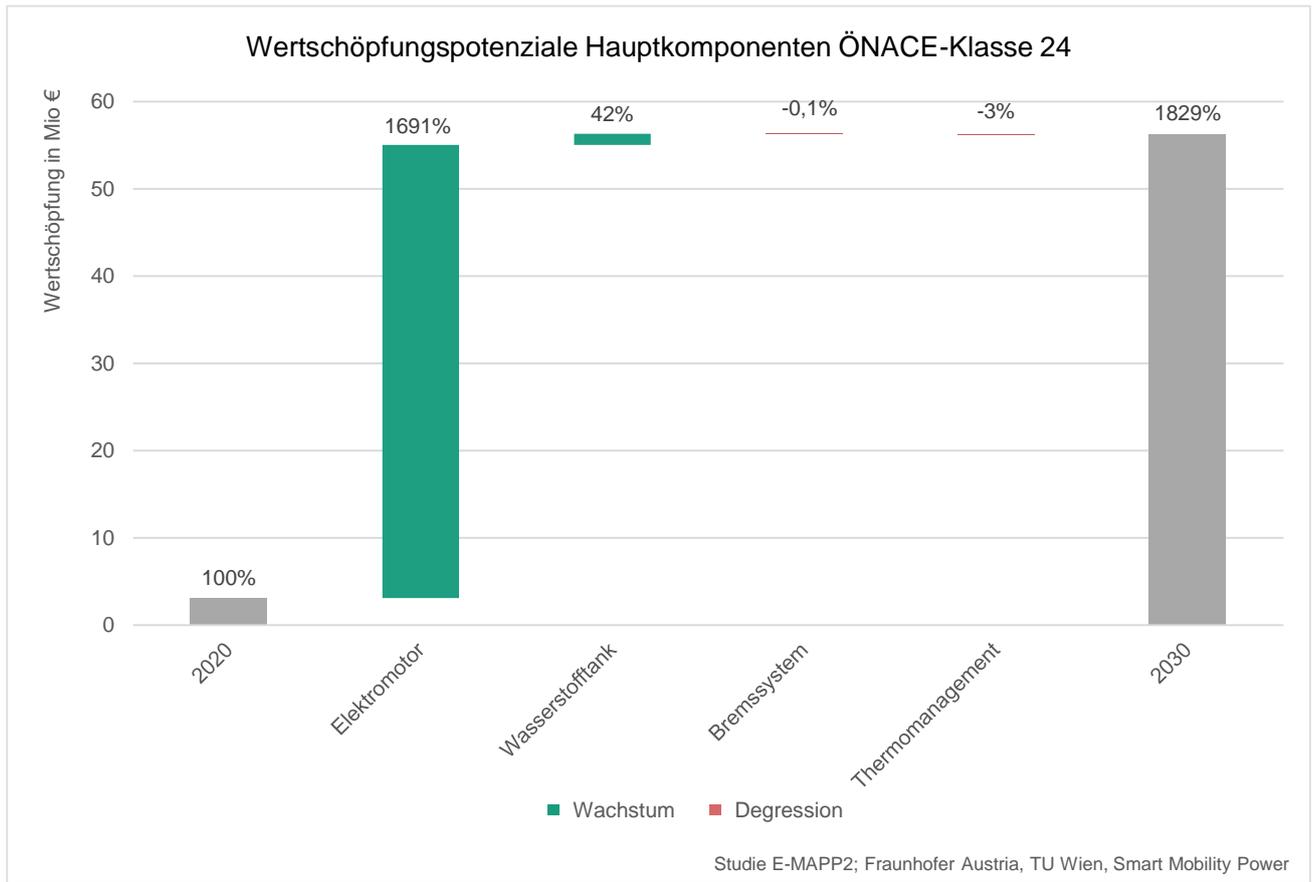


Abbildung 46: Wertschöpfungspotenziale auf Hauptkomponentenebene – ÖNACE-Klasse 24

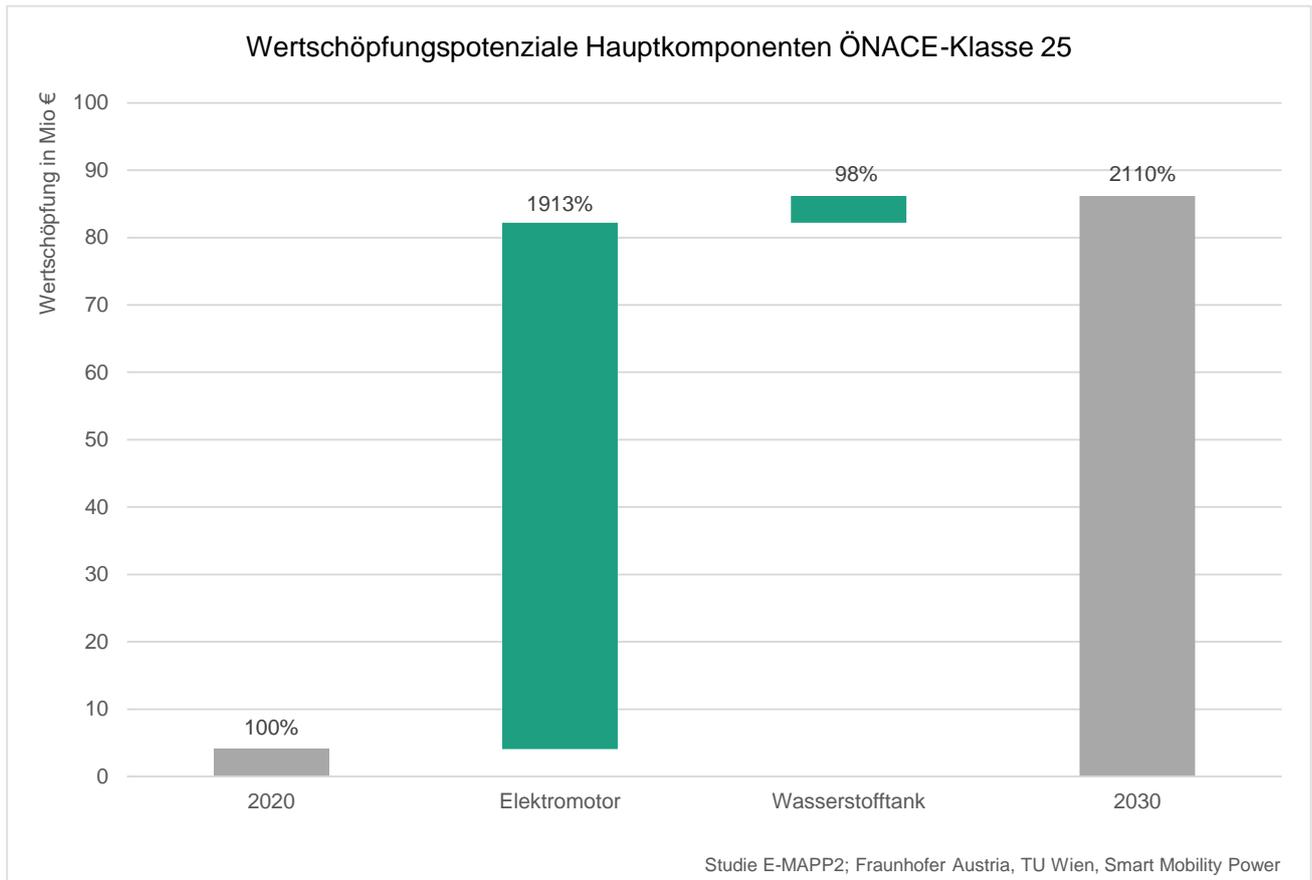


Abbildung 47: Wertschöpfungspotenziale auf Hauptkomponentenebene – ÖNACE-Klasse 25

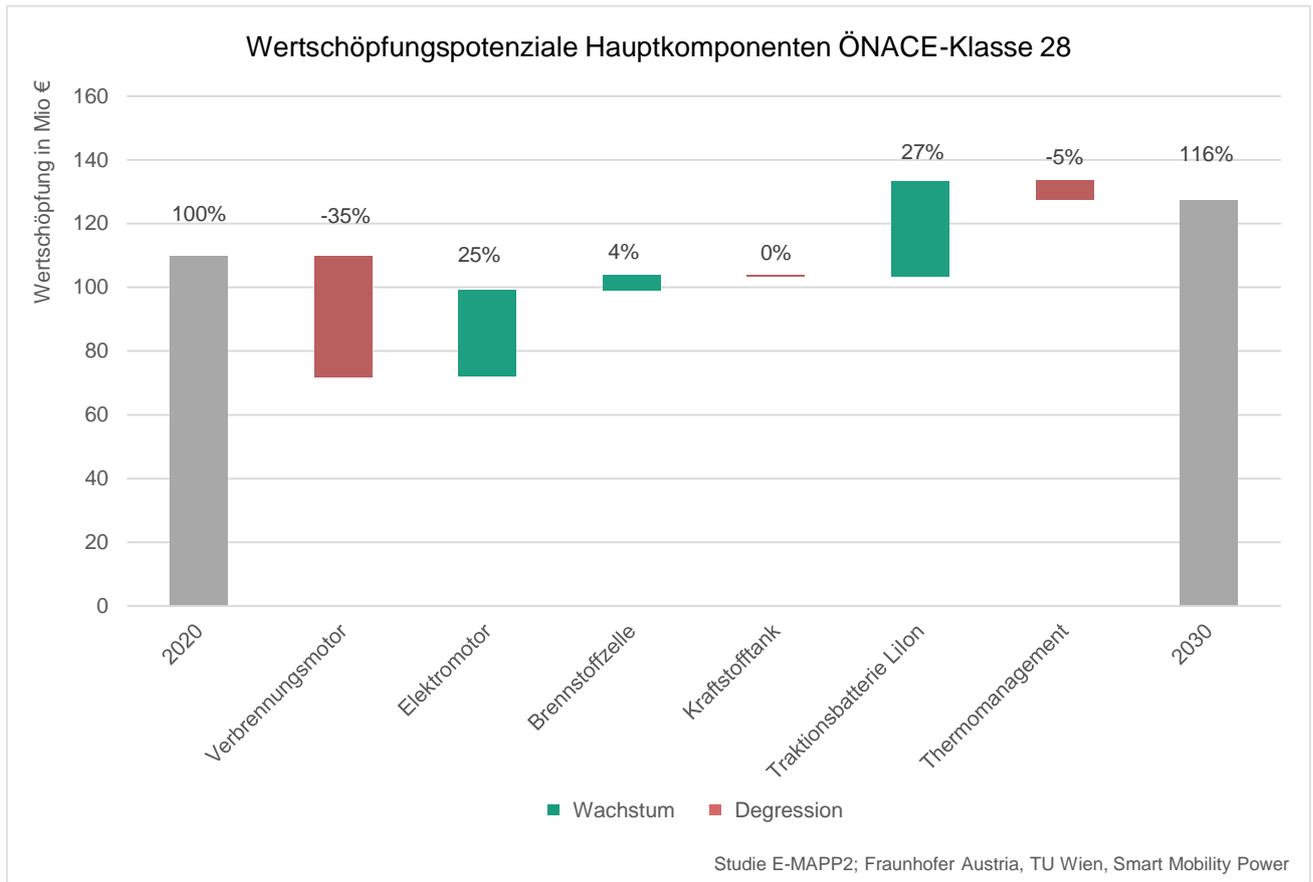


Abbildung 48: Wertschöpfungspotenziale auf Hauptkomponentenebene – ÖNACE-Klasse 28

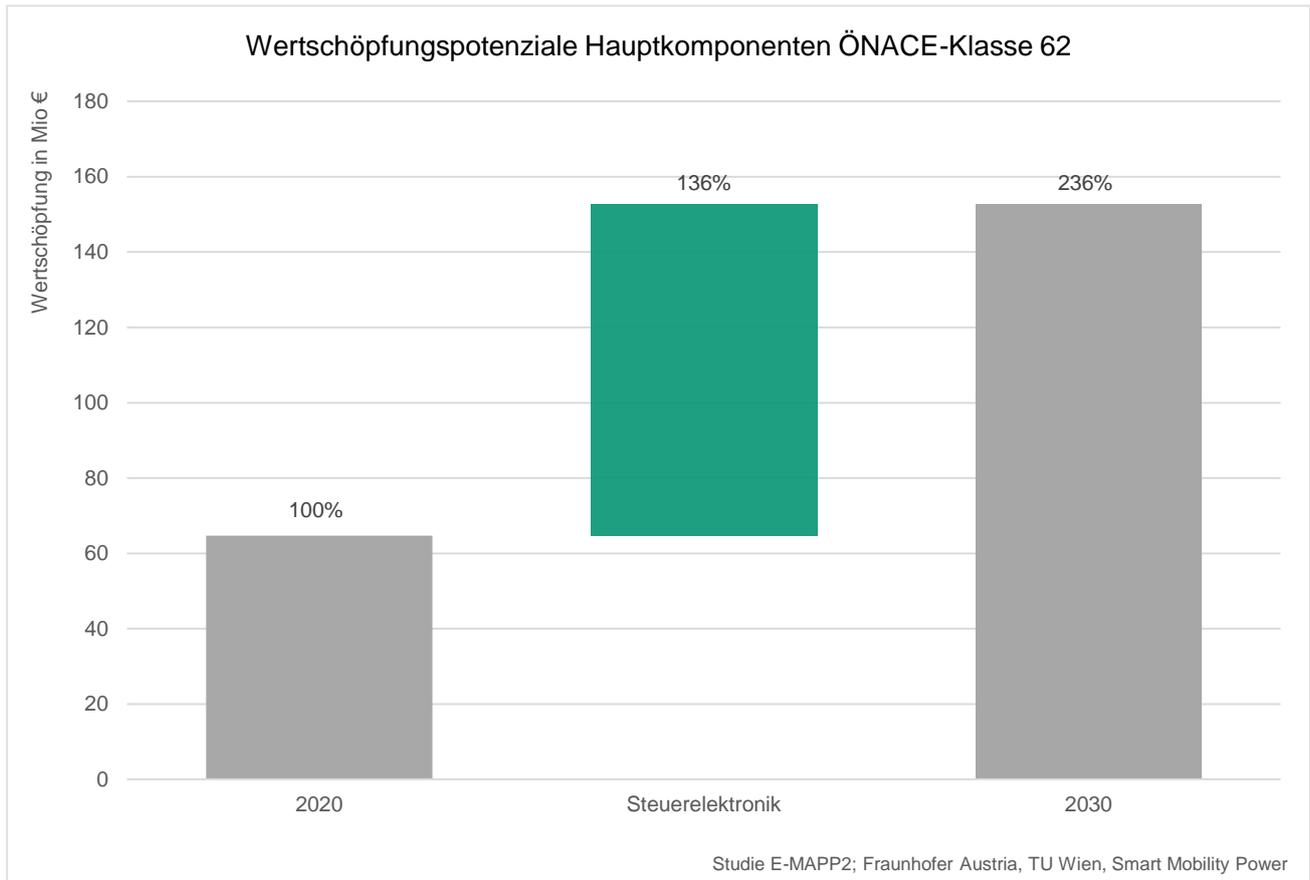


Abbildung 49: Wertschöpfungspotenziale auf Hauptkomponentenebene – ÖNACE-Klasse 62

9.2 Erläuterungen zu Branchengruppen

Die Branchengruppen wurden gemäß der Struktur der ÖNACE-Klassifizierung von 2017 durchgeführt.

Chemie Industrie	20.1	Herstellung von chemischen Grundstoffen, Düngemitteln und Stickstoffverbindungen, Kunststoffen in Primärformen und synthetischem Kautschuk in Primärformen
	20.5	Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen
	22.1	Herstellung von Gummiwaren
	22.2	Herstellung von Kunststoffwaren
Metallindustrie	24.1	Herstellung von Stahlrohren, Rohrform-, Rohrverschluss- und Rohrverbindungsstücken aus Stahl
	24.3	Sonstige erste Bearbeitung von Eisen und Stahl
	24.4	Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen
	24.5	Gießereien
	25.1	Stahl- und Leichtmetallbau
	25.2	Herstellung von Metalltanks und -behältern; Herstellung von Heizkörpern und -kesseln für Zentralheizungen
	25.5	Herstellung von Schmiede-, Press-, Zieh- und Stanzteilen, gewalzten Ringen und pulvermetallurgischen Erzeugnissen
25.9	Herstellung von sonstigen Metallwaren	
Elektronikindustrie	26.1	Herstellung von elektronischen Bauelementen und Leiterplatten
	26.3	Herstellung von Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik
	26.5	Herstellung von Mess-, Kontroll-, Navigations- u.ä. Instrumenten und Vorrichtungen; Herstellung von Uhren
	61.	Telekommunikation

Elektroindustrie	27.1	Herstellung von Elektromotoren, Generatoren, Transformatoren, Elektrizitätsverteilungs- und -schaltanlagen
	27.2	Herstellung von Batterien und Akkumulatoren
	27.3	Herstellung von Kabeln und elektrischem Installationsmaterial
	27.4	Herstellung von elektrischen Lampen und Leuchten
	35	Energieversorgung
Maschinenindustrie	28.21.	Herstellung von Öfen und Brennern
	28.25.	Herstellung von kälte- und lufttechnischen Erzeugnissen, nicht für den Haushalt
	28.29.	Herstellung von sonstigen nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen a. n. g.
	28.41.	Herstellung von Werkzeugmaschinen für die Metallbearbeitung
	28.49.	Herstellung von sonstigen Werkzeugmaschinen
	28.91.	Herstellung von Maschinen für die Metallerzeugung, von Walzwerkseinrichtungen und Gießmaschinen
	28.94.	Herstellung von Maschinen für die Textil- und Bekleidungsherstellung und die Lederverarbeitung
	28.99.	Herstellung von Maschinen für sonstige bestimmte Wirtschaftszweige a. n. g.
Fahrzeugindustrie	29.1	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren
	29.2	Herstellung von Karosserien, Aufbauten und Anhängern
	29.3	Herstellung von Teilen und Zubehör für Kraftwagen
Informationstechnologie	62.	Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie

10 REFERENZEN

- [1] Statista.com: Number of cars sold worldwide between 1990 and 2019, [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/200002/international-car-sales-since-1990/>. [Zugriff am 09 12 2019].
- [2] Statista.com: Battery electric vehicle sales worldwide in 2012 and 2018, by region, [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/975999/global-battery-electric-vehicles-sales-by-region/>. [Zugriff am 09 12 2019].
- [3] Virta: The global electric vehicle market in 2020: statistics & forecasts, [Online]. Available: https://www.virta.global/global-electric-vehicle-market?__hstc=51530422.2396afac83c4ae70c64c03f6e52ce392.1576508677904.1576508677905.1576508677905.1&__hssc=51530422.1.1576508677905&__hsfp=3410342413&hsutk=2396afac83c4ae70c64c03f6e52ce392&contentType=stand. [Zugriff am 09 12 2019].
- [4] Geringer, B., Eichlseder, H.: ÖAMTC Expertenbericht Mobilität und Klimaschutz 2030, Wien: ÖAMTC, 2018.
- [5] Wittler, M.: Vehicle sales include passenger cars and light commercial vehicles up to 3.5 tons, FEV, Juli 2019.
- [6] Denner, V.: Über die Motorhaube hinaus, Mobilität neu denken, Wien: 40. Internationales Wiener Motorensymposium, 2019.
- [7] Bundeskanzleramt, *Österreich und die Agenda 2030*, Bundeskanzleramt, Hrsg., Wien: Bundeskanzleramt, 2020.
- [8] A. Zechmeister, „KLIMASCHUTZBERICHT 2020,“ Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2020.
- [9] European Environment Agency, „Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2018 and inventory report 2020,“ Kopenhagen, 2020.
- [10] Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus, *Statusbericht zu den CO₂-Emissionen neu zugelassener Pkw in Österreich im Jahr 2018*, Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus, Hrsg., Wien, 2019.
- [11] H.-W. Schneider, P. Luptáčík, R. Haas, J. Popko und D. Demiroł, „Die Automotive Zulieferindustrie Österreichs im internationalen Wettstreit,“ Industriewissenschaftliches Institut, Wien, 2018.
- [12] H. Bernegger, G. Reiter, M. Huber, M. Schwarzenhofer und C. Stürmer, *Österreichs Automobilzulieferer auf Kurs?*, PwC, Hrsg., Wien: PwC, 2018.
- [13] H.-P. Kleebinder, A. Kleissner, C. Helmenstein und M. Semmerer, *Auf der Siegerstraße bleiben*, Council 4 GmbH, Hrsg., Wien: Council 4 GmbH, 2019.
- [14] B. Brauns, „Cicero,“ 2 Oktober 2019. [Online]. Available: <https://www.cicero.de/wirtschaft/automobilindustrie-krise-center-automotive-research-ig-metall-wertschoepfung-deutschland>. [Zugriff am 22 Oktober 2020].
- [15] KPMG, 21 März 2018. [Online]. Available: <https://home.kpmg/pl/en/home/insights/2018/03/r-and-d-in-the-automotive-sector.html>. [Zugriff am 29 10 2020].
- [16] B. Geringer, W. Sihn, C. Bauer und H. Gommel, „Elektromobilität–Chancen für die österreichische Wirtschaft,“ Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend, 2011.
- [17] H. Gommel, C. Leidl, C. Lemmerer, H. Aichmaier, B. Ludwig und C. Bacher, „E-MAPP - E-Mobility and the Austrian Production Potential,“ Klima und Energiefonds, 2016.
- [18] M. Zeller, T. Karner und M. Pock, *Systematik der Wirtschaftstätigkeiten, ÖNACE 2008*, Wien: STATISTIK AUSTRIA, 2008.
- [19] e-mobil GmbH BW, Fraunhofer IAO, Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg, „Strukturstudie BWe mobil 2015,“ Stuttgart, 2015.

- [20] Verordnung (EU) 2019/631 des europäischen Parlaments und des Rates, 17.04.2019. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0631&from=EN>. [Zugriff am 20.10.2019].
- [21] Statista.com: Größte Automobilhersteller weltweit nach Fahrzeugabsatz im Jahr 2018, [Online]. Available: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/200859/umfrage/ranking-der-automobilhersteller-nach-weltweitem-absatz/>. [Zugriff am 20.11.2019].
- [22] Volkswagen AG: Geschäftsbericht 2018, [Online]. Available: https://www.volkswagenag.com/de/InvestorRelations/news-and-publications/Annual_Reports.html. [Zugriff am 20.11.2019].
- [23] Renault Nissan: Registration Document 2018, [Online]. Available: <https://group.renault.com/wp-content/uploads/2019/05/groupe-renault-registration-document2018.pdf>. [Zugriff am 20.11.2019].
- [24] PSA-Groupe: Worldwide Sales by Model 2018, [Online]. Available: <https://www.groupe-psa.com/en/publication/worldwide-sales-model-2018/>. [Zugriff am 20.11.2019].
- [25] Daimler: Annual Report 2018,, [Online]. Available: <https://www.daimler.com/documents/investors/reports/annual-report/daimler/daimler-ir-annual-report-2018.pdf>. [Zugriff am 20.11.2019].
- [26] BMW Group: Annual Report 2018, [Online]. Available: <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0293372EN/bmw-group-annual-report-2018?language=en>. [Zugriff am 20.11.2019].
- [27] Toyota Prius Plug-In Hybrid Broschüre, Februar 2017. [Online]. Available: <https://newsroom.toyota.eu/download/293719/toyota-prius-dpl-ge-2.pdf>. [Zugriff am 09.12.2019].
- [28] Audi A3 Sportback e-tron 1.4 TFSI S tronic (150 kW) Technische Daten, August 2017. [Online]. Available: <https://www.audi-mediacycenter.com/de/audi-a3-sportback-e-tron-16>. [Zugriff am 09.12.2019].
- [29] Audi Q5 55 TFSI e quattro S tronic (185 kW / 270 kW) Technische Daten, 08.08.2019. [Online]. Available: <https://www.audi-mediacycenter.com/de/audi-q5-tfsi-e-11628>. [Zugriff am 09.12.2019].
- [30] Mercedes-Benz S 560 e: Die S-Klasse unter den Hybriden , [Online]. Available: <https://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko/Mercedes-Benz-S-560-e-Die-S-Klasse-unter-den-Hybriden.xhtml?oid=41475734>. [Zugriff am 09.12.2019].
- [31] Volvo XC90 Preisliste, September 2019. [Online]. Available: http://downloads.volvocars-aktionen.at/pricelist/Volvo_XC90.pdf. [Zugriff am 09.12.2019].
- [32] Der neue Skoda Superb iV Infomaterial, Dezember 2019. [Online]. Available: <https://www.skoda.at/superb/superb-iv/44775:infomaterial>. [Zugriff am 09.12.2019].
- [33] Audi e-tron Preisliste und Katalog 2019, [Online]. Available: <https://www.audi.at/e-tron/e-tron/preisliste-und-katalog>. [Zugriff am 04.12.2019].
- [34] Nissan Leaf Broschüre Preisliste 2019, [Online]. Available: <https://www.nissan.at/content/dam/Nissan/at/brochures/pkw/leaf-2018-broschuere-preisliste.pdf>. [Zugriff am 04.12.2019].
- [35] Smart EQ Fortwo und Forfour Preisliste 8/2018, [Online]. Available: https://wiesenthal.at/images/uploads/neuwagen/smart/Preislisten/smart_EQ_8-2018-preisliste.pdf. [Zugriff am 04.12.2019].
- [36] Toyota Mirai FCV Poster, [Online]. Available: https://www.toyota-europe.com/download/cms/euen/Toyota%20Mirai%20FCV_Posters_LR_tcm-11-564265.pdf. [Zugriff am 09.12.2019].
- [37] Edison Magazin: GLC F-Cell im Test: Mercedes mit Brennstoffzelle und Batterie, 13.11.2018. [Online]. Available: <https://edison.media/erleben/glc-f-cell-im-test-mercedes-mit-brennstoffzelle-und-batterie/21097336.html>. [Zugriff am 09.11.2019].

Referenzen

- [38] Nase, A.: BEV Roadmapping for Zero Emission, Aachen: 1st International FEV Conference Zero CO2 Mobility, 2017.
- [39] Bruckmüller, T., Tober, W., Fasthuber, D.: Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge: Bedarf, Kosten und Auswirkungen auf die Energieversorgung in Österreich bis 2030, Herausgeber: ÖVK, Wien, Juni 2019.
- [40] Richtlinie 2014/94/EU des europäischen Parlaments und des Rates über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe, Amtsblatt der Europäischen Union, 22. Oktober 2014.
- [41] Emissionsprognose-Tool PROVEM, Wien: Institut für Fahrzeugantriebe und Automobiltechnik, Technische Universität Wien, 2018.
- [42] Mayer T., Semmel, M. et al: Techno-economic evaluation of hydrogen refueling stations with liquid or gaseous stored hydrogen, October 2019: International Journal of Hydrogen Energy, Volume 44, Issue 47, via ScienceDirect: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.08.051>.
- [43] Weeda, M., Elgowainy, A.: Large-Scale Hydrogen Delivery Infrastructure, IEA Hydrogen Implementing Agreement (HIA), Expert Group Task 28, ISBN 978-0-9815041-8-6, August 2015.
- [44] Wasserstoff-Infrastruktur für eine nachhaltige Mobilität, Entwicklungsstand und Forschungsbedarf, Baden-Württemberg: e-mobil BW GmbH – Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie (Hrsg.), März 2013.
- [45] Technology Roadmap Hydrogen and Fuel Cells, 2015: International Energy Agency (Hrsg.).
- [46] ELEKTRO POWER II: Elektromobilität – Positionierung der Wertschöpfungskette, Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2016.
- [47] „Frakfurter Rundschau: Jobchancen für Akademiker durch Elektromobilität,“ 01 2019. [Online]. Available: <https://www.fr.de/ratgeber/karriere/jobchancen-akademiker-durch-elektromobilitaet-11086537.html>. [Zugriff am 10 09 2020].
- [48] W. Bauer, O. Riedel, F. Herrmann, D. Borrmann und C. Sachs, „ELAB 2.0 - WIRKUNGEN DER FAHRZEUGELEKTRIFIZIERUNG AUF DIE BESCHÄFTIGUNG AM STANDORT DEUTSCHLAND,“ Fraunhofer IAO, Stuttgart, 2018.
- [49] A. Mönning, C. Schneemann, E. Weber, G. Zika und R. Helmrich, „Elektromobilität 2035 - Effekte auf Wirtschaft und Erwerbstätigkeit durch die Elektrifizierung des Antriebsstrangs von Personenkraftwagen,“ Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit, Nürnberg, 2018.
- [50] Bundesverband eMobilität e.V., „Wachstum eMobilität – Arbeitskräftebedarf – Umsatzpotential,“ Bundesverband eMobilität e.V., Berlin, 2019.
- [51] M. Wietschel, A. Thielmann, P. Plötz, T. Gnann, L. Sievers, B. Breitschopf, C. Doll und C. Moll, „Perspektiven des Wirtschaftsstandorts Deutschland in Zeiten zunehmender Elektromobilität,“ Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe, 2017.