

EMOTION – Electric Mobility in L-Category Vehicles for all Generations

Nicole Perterer, Martin Perterer

KTM E-Technologies, St. Leonharderstraße 10, 5081 Anif/Salzburg

Die ambitionierten Klimaziele, sowohl in Europa als auch weltweit, erfordern ein Umdecken der aktuellen Mobilitätskonzepte. Das EMOTION Projekt stellt einen möglichen Lösungsansatz vor, der die Lücke zwischen elektrischen Mopeds und Motorrädern durch klimafreundliche und kostenattraktive Fahrzeugkonzepte schließen und gleichzeitig die Akzeptanz für E-Fahrzeuge durch innovative HMI Ansätze steigern soll. Dabei kommen effiziente Plattform- und Leichtbaustrategien zum Einsatz, um sowohl die Fahrzeugstruktur als auch den Antriebsstrang gleichsam effizient wie kostengünstig zu gestalten. In einer Pilotphase werden zwei im Projekt aufgebaute Fahrzeuge im Realbetrieb getestet und sowohl die Fahrzeugplattform, als auch das neuartige HMI Konzept validiert.

1. Einleitung

Die leichte E-Mobilität in Europa unterliegt aktuell einem starken Wachstum [1, 2, 3]. Neben den Produkten aus Fernost, die in vielen Fällen den europäischen Qualitäts- und Sicherheitsstandards nicht oder nur zum Teil entsprechen (vgl. hier z.B.: Funktionale Sicherheit) finden auch immer mehr hochqualitative Premiumprodukte den Weg in den Markt, wie zum Beispiel die Vespa Elettrica von Piaggio [4]. Der hohe Preis verhindert aber aktuell eine hohe Marktdurchdringung.

Die Benutzerschnittstellen der am Markt existierenden Produkte bei leichten elektrischen zweirädrigen Fahrzeugen (E-PTW) sind zwar sehr divers, haben aber Anpassungspotential [5] für einen sicheren, nutzergerechten und effizienten Umgang im urbanen und ländlichen Bereich. Anschaffungskosten als auch die Batteriereichweite stellen hier die größte Barriere für den Umstieg der Verbraucher hin zur nachhaltigen Mobilitätsnutzung dar. Das HMI System hätte hier das Potenzial, die Nutzer dabei zu unterstützen.

Insbesondere ältere Personen finden nur schwer den Zugang zur E-Mobilität, da einerseits die Akzeptanz hier nicht gegeben und andererseits auch die Angst der Überforderung präsent ist. Um dem entgegen zu wirken, gibt es bereits einige Initiativen [6], die Ältere ermutigen sollen, verstärkt klimaverträgliche Verkehrsmittel als Alternative zum Auto zu nutzen.



Abbildung 1: Visualisierung Fahrzeugplattform EMOTION

Emotion soll hier einen zeitgemäßen Lösungsansatz für neue leichte Mobilitätskonzepte darstellen, der einerseits den europäischen Sicherheits- und Qualitätsstandards entspricht und andererseits den Kostenanspruch der Zielgruppen genügt. Eine Visualisierung dieses Ansatzes ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Benutzerschnittstelle soll als zentrales Bindeglied dienen, um unterschiedliche Zielgruppen (Alter: hier speziell 16 bis 18 jährige sowie die Generation 50+, unterschiedliche Erfahrungsstände im Umgang mit E-Fahrzeugen bzw. generelle 2-rad Erfahrung) zum Umstieg auf leichte E-Fahrzeuge zu motivieren und sie in ihrer täglichen Nutzung beim Pendeln zu unterstützen.

2. Projektsteckbrief

Das Projekt EMOTION (**E**lectric **M**obility in L-Category Vehicles for all **Generations**) ist ein 3-jähriges österreichisches Leitprojekt, wird mit Mitteln aus dem Klima- und Energiefonds (KLIEN) unterstützt und im Rahmen der Zero Emission Mobility" (<https://www.klimafonds.gv.at/>) durchgeführt.

Ziel der Ausschreibung ist eine 100% Elektrifizierung von Fahrzeugen sowie die Entwicklung und Erprobung von intelligenten E-Mobilitäts- und Wasserstofflösungen bzw. deren Infrastruktur und darauf aufbauender Logistiklösungen und Mobilitätsservices.

2.1. Projektedaten

Das Projekt wurde im März 2020 gestartet und hat eine Projektlaufzeit von 3 Jahren. Insgesamt entwickeln 10 Partner aus Industrie und Wissenschaft gemeinsam eine Plattform für Elektrozweiräder für die L Kategorien, speziell für die junge (16-18 Jahre) und ältere (50+) Generation.

2.2 Konsortium

Im Konsortium sind 2 Forschungs- und Entwicklungsorganisationen, 2 Universitäten und 7 Industriepartner vertreten. Unter den Industriepartnern sind 4 Klein- und Mittelunternehmen, darunter auch 1 Start-up, enthalten.

- Austrian Institute of Technologies (Projektkoordinator)
- KTM E-Technologies GmbH
- KISKA GmbH
- WIVW Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften GmbH
- Salzburg Research Forschungsgesellschaft m.b.H.
- FH OÖ Forschungs und Entwicklungs GmbH
- NUMERICA GmbH & Co KG
- TU Graz, Institut für Betriebsfestigkeit und Schienenfahrzeugtechnik
- Daxner & Merl GmbH
- Kobleder GmbH

3. Projektziele

Die Projektziele können in 3 Bereiche bzw. Areas eingeteilt werden, die in Abbildung 1 zu sehen sind und folgend beschrieben werden.

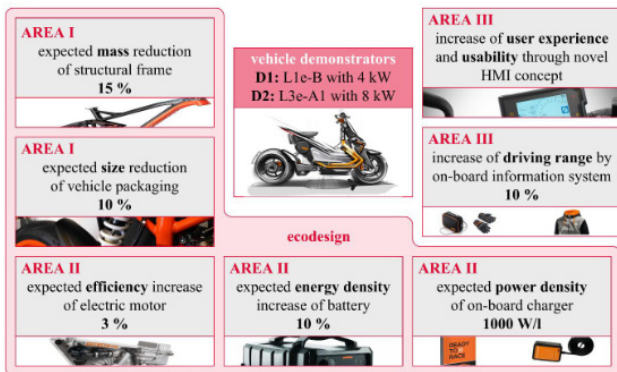


Abbildung 2: Projektziele EMOTION

3.1. Area I: Fahrzeugstruktur und Konstruktionsdesign

Der erste Bereich befasst sich mit der Fahrzeugstruktur. Durch eine Gewichtsreduktion um 15% einerseits und einer Reduktion der Fahrzeugabmaße um 10% in Relation zu Vergleichsfahrzeugen am Markt soll ein Mehrwert für das Fahrzeughandling geschaffen werden. Hier stehen die 16-18 Jährigen als auch die 50+ Generation im Vordergrund, um speziell diesen Zielgruppen die Einstiegschwelle zu erleichtern.

Um diese Ziele zu erreichen wird in EMOTION der Fokus auf den kosteneffektiven Leichtbau unter Berücksichtigung einer virtuellen Entwicklungsstrategie gelegt (z.B.: Topologie-Optimierung, Funktionsintegration, Modulare und skalierbare Ansätze). Ein wesentlicher Aspekt hier ist nicht das Nutzen neuester Werkstoffe und Technologien, sondern das Zusammenbringen existierender und validierter Methoden, um die Fahrzeugplattform nicht nur leicht, sondern auch kostenattraktiv darstellen zu können.

Wie auch bei den folgenden Bereichen, Area II und Area III, spielt hier auch der Nachhaltigkeitsgedanke eine

wichtige Rolle und beeinflusst maßgeblich die Auswahl der Materialien und Prozesse. Um dieses Ziel zu erreichen werden laufend im Projekt Eco-Design Evaluierungen durchgeführt, um schon in frühen Konzeptphasen die notwendigen Entscheidungen beeinflussen zu können.

3.2 Area II: Innovativer Antriebsstrang

Der zweite Bereich umfasst den Antriebsstrang (E-Motor, Controller, Batterie, Leistungselektronik, etc.) sowie alle notwendigen elektrischen Zusatzkomponenten wie z.B. den Charger. Da diese Komponenten in der Regel den größten Kostenanteil an einem zweirädrigen E-Fahrzeug darstellen, wird versucht durch einen innovativen, und gleichsam modularen wie skalierbaren Ansatz unterschiedlichste Fahrzeugkategorien mit einem Motor-konzept abzudecken. Durch diesen Ansatz kann die Stückzahl fahrzeugplattformübergreifend erhöht und damit die anteiligen Entwicklungskosten wie auch die Einzelteilpreise der Motorkomponenten gesenkt werden. Im Detail wird untersucht, ob es möglich ist, mit einem konstanten Motordurchmesser durch Änderung der Motorlänge unterschiedliche Leistungsklassen darzustellen.

Zusätzlich soll die Größe des Antriebsstrangs durch Integration der einzelnen Antriebsstrangkomponenten reduziert und auch die Effizienz auf mindestens 90% gesteigert werden. Der E-Motor soll hier um mindestens 3% effizienter als vergleichbare Lösungen am Markt sein, bei gleichzeitiger Reduktion der Herstellungskosten um 20%.

Die Traktionsbatterie, als weitere kosten- sowie baurelevante Komponente soll in diesem Projekt ebenfalls optimiert werden. Da hier auf Komponentenseite schon eine Vielzahl an Lösungsmöglichkeiten am Markt verfügbar sind und der Energieinhalt maßgeblich von den Neuentwicklungen der Zellhersteller abhängt und somit wenig beeinflusst werden kann, soll in EMOTION der Fokus auf ein effizientes Batteriekonzept an sich gelegt werden.

Durch geeignete Materialwahl, Zellanordnungen, innovative Kühlsysteme und Batteriemanagement soll in EMOTION die Energiedichte um 10% gegenüber marktüblichen Batterielösungen gesteigert werden. Durch einen analog zum Motor hohen Modularitätsgrad sowie Skalierungseffekten sollen auch hier die Systemkosten (Herstellungskosten, Kosten der Einzelkomponenten, etc.) um mindestens 20% gesenkt werden.

Eine weitere in der Regel weniger beachtete Komponente bei E-Fahrzeugen ist das Ladegerät. Obwohl es für die Fahrzeugfunktion eine untergeordnete Rolle spielt, so beeinflusst es doch maßgeblich die Nutzung des Fahrzeuges. Der Zielkonflikt hier ist einerseits der Wunsch nach einer möglichst schnellen Aufladung des Fahrzeu-

ges, andererseits die Notwendigkeit nach kleiner Bauweise und wenig Gewicht. Beides ist mit den am Markt verfügbaren Technologien in der Regel nicht abbildbar.

Daher soll in EMOTION ein neuer Ansatz verfolgt werden. Hocheffiziente Gallium-Nitrid-Halbleiter können deutlich schneller als siliziumbasierte Feld-Effekt-Transistoren (FET) schalten und erlauben es somit die Größe der passiven Komponenten und Filter zu reduzieren und die globale Effizienz des Ladegeräts zu steigern. Somit kann hier die Energiedichte drastisch reduziert und dieser Zielkonflikt aufgelöst werden. Das Ziel hier sind 1000W/l bei gleichzeitig akzeptablen Kosten, was in etwa das Fünffache von aktuell am Markt verfügbaren Lösungen darstellt.

3.3. Area III: Nutzer zentriertes HMI Design und On-Board Informationssystem

Die Mensch-Maschine-Schnittstelle oder englisch *human machine interaction* (HMI) ist das zentrale Bindeglied zwischen dem Fahrer und dem E-Fahrzeug und beeinflusst direkt das Verhalten aber auch die Einstellung und das Wohlbefinden der Nutzer am Fahrzeug. Somit kann es auch als zentrales Instrument verwendet werden, um z.B. unerfahrene Nutzer den Einstieg in die E-Mobilität zu erleichtern als auch versierte Fahrer die Möglichkeit geben, ihren Fahrstil hin zu mehr Nachhaltigkeit zu optimieren.

In EMOTION gehen wir beim nutzerzentrierten Ansatz sogar einen Schritt weiter und wollen ein generationsübergreifendes HMI und On-Board Informationssystem konzipieren, das sich speziell den Bedürfnissen unterschiedlicher Altersgruppen anpasst. Dieses HMI System soll im Kern auf bestehende Interaktionsmöglichkeiten auf Zweirädern (z.B.: Lenkerschalter) zurückgreifen, um einerseits die Fahrer nicht zu überfordern und andererseits auch Umsteigern von Verbrennungsfahrzeugen den Einstieg zu erleichtern. Zusätzlich werden in EMOTION aber auch neue Interaktionsmöglichkeiten untersucht, welche die konventionellen Konzepte erweitern oder auch ergänzen können.

Hier soll speziell die Interaktion basierend auf textilen Sensoren für funktionalisierte Bekleidung untersucht werden, um ggf. einzelne Funktionen aus dem konventionellen Bedienkonzept herauszulösen und somit die Größe oder Komplexität dieser Bedienelemente (z.B. Lenkerschalter) zu reduzieren. Der zweite Ansatz hier ist das Darstellen von Zusatz- und Komfortfunktionen, um das Fahrerlebnis zu steigern.

Abschließend werden spezielle Coaching- und Gamingstrategien untersucht, um den Nutzer dazu zu bewegen, ökonomischer und umweltschonender zu fahren, um eine, um bis zu 10% höhere Reichweite dadurch erlangen zu können.

4. Projektablauf

Das EMOTION Projekt beinhaltet acht Arbeitspakete. Eine Übersicht ist in Abbildung 3 zu sehen.

Arbeitspaket 1 (WP1) umfasst das Projektmanagement und erstreckt sich auf die gesamte Projektlaufzeit von 3 Jahren. Neben dem technischen Projektmanagement erfolgt in diesem Arbeitspaket auch das Risikomanagement.

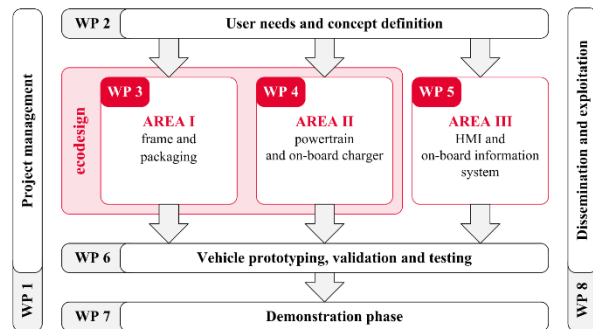


Abbildung 3: Arbeitspakete EMOTION

Das Arbeitspaket 2 (WP 2) steht am Projektanfang und beinhaltet unterschiedliche Fragestellungen. Um sicherzustellen, dass die anvisierte Fahrzeugplattform den Nutzeranforderungen der Zielgruppen genügt, wird eine europaweite Befragung zu Projektbeginn durchgeführt, welche sowohl das aktuelle Mobilitätsverhalten unterschiedlicher Generationen sammelt, als auch mögliche aktuelle Konflikte und Schwächen der am Markt erhältlichen E-Mobilitätslösungen bündelt. An der Umfrage sind sowohl aktuelle Nutzer von E-Fahrzeugen als auch potenzielle zukünftige Nutzer beteiligt. Mit Hilfe der ODI Methode (englisch für *outcome driven innovation*) werden aus den Feedbacks spezielle Kundenbedürfnisse extrahiert die als Grundlage für die weitere Entwicklung dienen und als konkrete Vorgaben in die Fahrzeugplattformspezifikation übernommen werden.

Diese erste Fahrzeugspezifikation wird mit Hilfe von Konzept- und Machbarkeitsbetrachtungen hinsichtlich der technischen Umsetzbarkeit einerseits und den damit verbundenen Kosten sowie des ökologischen Fußabdrucks bewertet.

Zusätzlich wird schon zu Projektbeginn ein Versuchsträger aufgebaut, um die im Betrieb auftretenden Lasten dieser neuen Fahrzeugplattform im Realversuch zu ermitteln und somit die Auslegungsgüte entsprechend steigern zu können. Die Ermittlung dieser Lasten erfolgt mit Hilfe einer Lastdatenermittlung.

Schließlich wird die Spezifikation der Fahrzeugplattform mit Hilfe dieser Inputs weiterentwickelt und stellt die Basis für die weiteren Arbeitspakete dar.

Die Arbeitspakete 3,4 und 5 (WP 3, WP4 und WP 5) setzen auf diesen prinzipiellen Ergebnissen auf und beinhaltet die detaillierten Untersuchungen in diesen drei Bereichen.

Arbeitspaket 3 umfasst die Entwicklung der Fahrzeugstruktur. Hier wird zunächst ein modularer Fahrzeugaufbau auf Basis der Spezifikationen entwickelt, das es ermöglicht, durch geringfügige Änderungen unterschiedliche Fahrzeugleistungsklassen und Fahrzeuggeometrien darstellen zu können. Danach wird unter Zuhilfenahme von virtuellen Methoden sowie Optimierungsalgorithmen die modulare und skalierbare Fahrzeughauptstruktur sowie auch alle notwendigen Anbau- und Verkleidungsteile entwickelt. Abschließend werden die zwei anvisierten Prototypenfahrzeuge in der L1e und L3e Klasse daraus abgeleitet.

Arbeitspaket 4 bündelt alle Tätigkeiten zur Entwicklung des Antriebsstrangs und des Ladegeräts. Hier dienen Systemsimulationen als Startpunkt, um, von den Fahrzeuganforderungen kommend, geeignete Anforderungen für die Einzelkomponenten definieren zu können. Spezieller Fokus wird hier, wie schon in Kapitel 2 beschrieben, auf eine möglichst große Anzahl an Gleichteilen für unterschiedliche Fahrzeugklassen gelegt.

Aus diesem Grund werden bei allen Komponenten geeignete Einheiten bzw. Module definiert, welche die Basis für die kleinen und leistungsschwachen Fahrzeuge bildet, dann in weiterer Folge aber für die größeren und leistungsstärkeren Fahrzeugklassen auch verwendet werden kann. Neben dem Motorkonzept mit gleichbleibendem Durchmesser und variierender Länge ist hier speziell ein Grundbatteriemodul zu nennen, das dann beliebig oft kombiniert werden kann, um die geforderten Energieinhalte darstellen zu können.

Da in Arbeitspaket 4 und Arbeitspaket 5 das Gesamtfahrzeug an sich entwickelt wird, liegt auch hier der Fokus für alle Eco-Design Betrachtungen.

In Arbeitspaket 5 sind alle Tätigkeiten zur Entwicklung des Neuartigen HMI Systems gebündelt. Hier werden Methoden zum Rapid-Prototyping von unterschiedlichen HMI and On-Board Informationssystemen verwendet, um möglichst früh schon ein Feedback von den anvisierten Nutzern als auch von HMI Experten zu bekommen und dieses wiederum in die Entwicklung einfließen lassen zu können. Da sich die Beanspruchung des Fahrers im Zweiradbereich grundlegend von dem im Vierradbereich unterscheidet, werden auch Fahrsimulatoren in der Entwicklung genutzt und adaptiert, um eben diese erhöhte Beanspruchung im Fahren nachstellen zu können.

Als Ergebnis stehen in allen 3 Arbeitspaketen, Arbeitspaket 3,4 und 5, jeweils validierte Lösungen, die anschließend in Arbeitspaket 6 (WP 6) zusammengeführt werden. In Arbeitspaket 6 erfolgt auch der Aufbau zweier Demonstratoren mit 4kW bzw. 8kW, um das Potential dieses neuartigen Fahrzeugkonzeptes im Realversuch nachweisen zu können.

Um ein hohes Maß an Sicherheit im Realversuch gewährleisten zu können, erfolgt in Arbeitspaket 6 auch

eine Validierung des Gesamtsystems an unterschiedlichen Prüfständen sowie in Realfahrten. Die gegebenenfalls notwendigen Änderungen können hier dann noch in die zwei Versuchsträger einfließen.

Die Demonstrationsphase wird in Arbeitspaket 7 (WP 7) durchgeführt. Hier werden die Demonstratoren in der Zielumgebung bewegt, um Rückschlüsse auf den Mehrwert dieser neuartigen Fahrzeugplattform hinsichtlich Fahrperformance und Akzeptanz ziehen zu können. Die Demonstrationsphase erstreckt sich auf 8 Monate. Die Fahrzeug- und Telemetriedaten werden hier gesammelt und über die Demonstrationsphase ausgewertet, um das tatsächliche Fahr- und Nutzerverhalten bewerten und mit den in WP 2 gesammelten Nutzeranforderungen korrelieren zu können. Gezielte Nutzerbefragungen werden hier ergänzend durchgeführt, um die Usability als auch die User Experience gezielt bewerten zu können.

Das Arbeitspaket 8 (WP 8) umfasst die Öffentlichkeitsarbeit und alle Publikationen im Projekt und erstreckt sich genauso wie das Arbeitspaket 1 über die gesamte Projektlaufzeit von 3 Jahren. Hier wird eine Projektwebsite zu Projektbeginn erstellt (<https://www.emotion-project.at/>) auf welcher alle relevanten Informationen zum Projekt öffentlich zugänglich sind. Mit Projektfortschritt werden hier auch die Projektergebnisse sowie Publikationen gesammelt.

Zusammenfassung und Ausblick

Die leichte E-Mobilität ist nicht nur in Europa am Vormarsch, sondern mittlerweile ein weltweiter Trend. Speziell die großen fernöstlichen Industrienationen sind hier Vorreiter, was die Marktdurchdringung anbelangt. Da sich die Anforderung des asiatischen Marktes nicht gänzlich mit denen des europäischen Marktes decken, speziell was das Thema Qualität, Sicherheit aber auch das Nutzerverhalten angeht, ist es notwendig, hier Fahrzeuge und Plattformen zu entwickeln, die eben diesen Anforderungen entsprechen.

Das EMOTION Projekt stellt hier einen möglichen Lösungsweg dar, um nicht nur eine kostengünstige, qualitativ hochwertige und funktional sichere E-Fahrzeugplattform darzustellen, sondern auch den Paradigmenwechsel hin zur E-Mobilität zu fördern und somit höhere Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung zu schaffen.

Die Beteiligung von KTM E-Technologies als führende Firma innerhalb der Pierer Mobility AG im Bereich E-Mobilität stellt sicher, dass die Ergebnisse des Forschungsprojektes rasch Einzug in entsprechende Produkte finden.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei allen Projektpartnern für die tatkräftige Unterstützung und insbesondere beim Klima- und Energiefonds Österreich für Förderung des

EMOTION Projekts im Zuge des „Zero Emission Mobility“ Programms.

Literaturverzeichnis

- [1] P. Hezel. „Elektrofahrzeuge der Klasse L in Österreich bis 2020“, in: Statista (2021), unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/827578/umfrage/elektrofahrzeuge-der-klasse-l-in-oesterreich/> (abgerufen am 14.03.2021)
- [2] ACEM. “Motorcycles registrations in the European Union grew by 8% in 2019”, in: ACEM statistical release (2020), unter: <https://www.acem.eu/motorcycles-registrations-in-the-european-union-grew-by-8-in-2019#/> (abgerufen am 14.03.2021)
- [3] SafetyNet. “Powered Two Wheelers”, in: SafeyNet (2009), unter: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/specialist/knowledge/pdf/powered_two_wheelers.pdf (abgerufen am 14.03.2021).
- [4] Piaggio & C. SpA. „Vespa Ellectrica 45 km/h“, unter: https://www.vespa.com/de_DE/vespa-modelle/vespa-elettrica/vespa-elettrica.html (abgerufen am 14.03.2021)
- [5] Eccarius, T.; Lu, C.-C., Powered two-wheelers for sustainable mobility: A review of consumer adoption of electric motorcycles. *International Journal of Sustainable Transportation* , Nr. 14, (2020), 215-231.
- [6] Verkehrsclub Deutschland VDC. „Klimavertraglich mobil 60+“, unter: <https://www.in-form.de/netzwerk/projekte/klimavertraeglich-mobil-60/> (abgerufen am 14.03.2021)