

# Abschlussbericht der BMW AG

für das BMUB-Förderprojekt

---

## PREMIUM

---

Förderkennzeichen 16EM2015-1

Projektzeitraum: 01.01.2014 – 31.05.2017



### PREMIUM

PLUG-IN-, RANGE-EXTENDER- UND  
ELEKTROFAHRZEUGE UNTER REALEN MOBILITÄTS-  
UMSTÄNDEN: INFRASTRUKTUR,  
UMWELTBEDINGUNGEN UND MARKTAKZEPTANZ.

BMW  
GROUP



Alphabet



UNIVERSITÄT  
PASSAU  
Universität München



Gefördert  
durch



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz,  
Bau und Reaktorsicherheit

BMW AG


Philipp Wilde

Philipp.wilde@bmw.de

Knorrstraße 147, 80788 München

Tel.: +49-89-382-11516

## Konsortialführung

| Firma                                                                                                                                                                               | Ansprechpartner                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Bayerische Motoren Werke AG<br/>80788 München</p> <p>Kurzform: BMW</p> <p><b>BMW Group</b></p>  | <p><b>Projektleiter:</b><br/>Herr Philipp Wilde<br/>E-Mail: phillip.wilde@bmw.de<br/>Tel: +49-89-382-11516</p> <p>Herr Andreas Klein<br/>E-Mail: andreas.ak.klein@partner.bmw.de<br/>Tel: +49-89-189-174201</p> <p><b>Administration:</b><br/>Herr Dr. Franz Geyer<br/>E-Mail: Franz.Geyer@bmw.de<br/>Mobil: +49-176-60160877</p> |

## Ansprechpartner der Projektpartner

| Firma / Universität                                                                                                                                    | Ansprechpartner                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Universität Duisburg-Essen<br/>Kurzform: Uni Duisburg-Essen</p>  | <p>Herr Professor Dr.-Ing. Dieter Schramm<br/>E-Mail: schramm@mechatronik.uni-duisburg.de<br/>Telefon: +49-20-33793275</p> <p>Herr Professor Dr. Ferdinand Dudenhöffer<br/>E-Mail: ferdinand.dudenhoeffer@uni-due.de<br/>Telefon: +49-20-33791111</p> |
| <p>Alphabet<br/>Kurzform: Alphabet</p>                              | <p>Herr Hannes Busch<br/>E-Mail: Hannes.busch@alphabet.de<br/>Telefon:</p>                                                                                                                                                                            |
| <p>Universität Passau<br/>Kurzform: Uni Passau</p>                  | <p>Herr Dr. Stefan Mang<br/>E-Mail: Stefan.mang@uni-passau.de<br/>Telefon: +49-851-509-2431</p>                                                                                                                                                       |
| <p>Universität der Bundeswehr<br/>Kurzform: UniBwM</p>              | <p>Herr Professor Dr. Bogenberger<br/>E-Mail: Klaus.Bogenberger@unibw.de<br/>Telefon: +49-89-6004-2530</p>                                                                                                                                            |

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Projektpartnerübergreifende Zusammenfassung der wesentlichen Projektergebnisse des Projekts PREMIUM .....                      | 4  |
| 2. Zielstellung von PREMIUM .....                                                                                                 | 6  |
| 2.1 Gesamtziel von PREMIUM.....                                                                                                   | 6  |
| 2.2 Aufgaben der Projektpartner .....                                                                                             | 7  |
| 2.3 Aufgaben der BMW Group in den Arbeitspaketen .....                                                                            | 11 |
| 3. Darstellung der erzielten Ergebnisse der BMW Group innerhalb von PREMIUM .....                                                 | 17 |
| 4. Wesentliche Abweichungen zum Arbeitsplan.....                                                                                  | 30 |
| 5. Vergleich der Ergebnisse von PREMIUM mit dem internationalen Stand der Technik .....                                           | 31 |
| 6. Zukunftsaussichten und weiterer F&E Bedarf.....                                                                                | 31 |
| 7. Beitrag zu den förderpolitischen Zielen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) ..... | 32 |
| 8. Darstellung der erfolgten oder geplanten Veröffentlichung des Ergebnisses .....                                                | 33 |

## Abbildungsverzeichnis

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Untersuchungssample PREMIUM .....                                 | 6  |
| Abbildung 2: Forschungsfragenpool.....                                         | 12 |
| Abbildung 3: Forschungsdesign Flottennutzer.....                               | 13 |
| Abbildung 4: Forschungsdesign BEV/REX Nutzer.....                              | 14 |
| Abbildung 5: Auswahlverfahren zur Identifikation von Vermessungskunden.....    | 15 |
| Abbildung 6: Ausschnitt der Plausibilitätsprüfung der Datenloggerdaten.....    | 17 |
| Abbildung 7: Übersicht der aufgezeichneten Daten. ....                         | 18 |
| Abbildung 8: Verteilung täglicher Fahrtstrecken BMW i3.....                    | 18 |
| Abbildung 9: Verteilung täglicher Fahrtstrecken 225xe .....                    | 19 |
| Abbildung 10: Verteilung täglicher Fahrtstrecken am Wochenende BMW i3 .....    | 19 |
| Abbildung 11: Verteilung täglicher Fahrtstrecken am Wochenende BMW 225xe ..... | 20 |
| Abbildung 12: Streckentypen nach Zeit- und Streckenanteilen BMW i3.....        | 21 |
| Abbildung 13: Streckentypen nach Zeit- und Streckenanteilen BMW 225xe .....    | 21 |
| Abbildung 14: Fahrerlebnisschalter BMW 225xe.....                              | 22 |
| Abbildung 15: Fahrerlebnisschalter BMW i3.....                                 | 23 |
| Abbildung 16: eDrive Modi, Zeit- und Streckenanteile .....                     | 23 |
| Abbildung 17: Kundenperzentil über Streckenanteil MAX eDrive Modus.....        | 24 |
| Abbildung 18: Kundenperzentil über Streckenanteil SAVE BATTERY Modus .....     | 24 |
| Abbildung 19: Zuschaltung des Range Extenders und Gründe .....                 | 25 |
| Abbildung 20: Mittlere Ladehäufigkeit pro Fahrttag im Vergleich.....           | 26 |
| Abbildung 21: Ladehäufigkeit pro Fahrttag im Vergleich .....                   | 26 |
| Abbildung 22: Verteilung des SOC bei Ladebeginn im Vergleich .....             | 27 |

Abbildung 23: Verteilung der elektrischen Reichweite in Abhängigkeit von den Außentemperaturen  
BMW 225xe ..... 27

Abbildung 24: Tankhäufigkeit pro 1000 km BMW 225xe ..... 28

Abbildung 25: Mittlerer Kraftstoffverbrauch BMW 225xe ..... 28

Abbildung 26: E-Fahranteil BMW 225xe ..... 29

Abbildung 27: Vergleich Gesamtkosten pro km..... 29

Abbildung 28: Überblick über Verbräuche und Gesamtkosten ..... 30

# 1. Projektpartnerübergreifende Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse des Projekts PREMIUM

Das Projekt PREMIUM untersuchte die Akzeptanz, das Nutzungsverhalten und die Anforderungen von BMW BEV, REX und PHEV Privatkunden sowie von BEV und REX Flottenkunden in Deutschland im Zeitraum von Januar 2014 - Mai 2017. Parallel wurden zwei deutschlandlandweite repräsentative Befragungen mit n=1000 Teilnehmern zwischen 17 und 69 Jahren durchgeführt. Die projektpartnerübergreifenden Kernergebnisse des Projekts werden an dieser Stelle aufgeführt. Für Detailergebnisse stehen die Abschlussberichte der Projektpartner zur Verfügung:

- Die untersuchten deutschen BMW i3 Privatkunden sind im Schnitt 52 Jahre alt und zu 91% männlich. Es dominieren hohe Haushaltsnettoeinkommen von 4.000 Euro bis 7.500 Euro/Monat (38%) und mehr (30%).
- Die deutschen PHEV Privatkunden sind im Schnitt 56 Jahre alt und zu 89% männlich. Auch hier dominieren hohe Haushaltsnettoeinkommen (65% verfügen über mehr als 4.000 Euro/Monat). Rund 85% der BMW i3 und der PHEV Kunden verfügen über eigenes Wohneigentum. Soziodemografisch unterscheiden sich die Käufer von BMW i3 und BMW PHEV Modellen somit kaum.
- Rund 43% der PHEV Käufer zogen 2016 bei der Kaufentscheidung auch ein BEV in Betracht. Hauptgründe gegen den Kauf waren vor allem die eingeschränkte Reichweite (88%), bzw. die eingeschränkte Verfügbarkeit öffentlicher Ladestationen (44%) und die Ladedauer (33%).
- Rund 50% der PHEV Privatkunden schätzen, dass sie in 10 Jahren ein BEV fahren werden. 13%, dass es ein BEV mit Range Extender sein wird. 24% der PHEV Käufer gehen davon aus, in 10 Jahren immer noch einen PHEV zu fahren. In 10 Jahren ein Verbrennerfahrzeug zu fahren, damit rechnen nur 1% der PHEV Privatkunden.
- Durchschnittlich fahren die Kunden des untersuchten BMW 225xe PHEV rund 49 km/Tag und die BMW i3 Kunden 52 km/Tag. Damit ist Reichweitenangst bei einer elektrischen Reichweite von rund 150 km (BMW i3) bei Alltagsnutzung objektiv unbegründet. Trotzdem kann diese, aufgrund geringer Erfahrung mit dem Fahrzeug, natürlich subjektiv auftreten.
- Reichweitenangst kann aber durch geeignete Verkehrsinformationen mit Angaben über die Restreichweite auch bei unvorhergesehenen Verkehrssituationen (z.B. Stau) weiter reduziert werden. Durch eine realistische Einschätzung der Reichweite des Elektrofahrzeugs können geeignete Maßnahmen ergriffen werden ((zeitliche) Stauumfahrung, Zwischenstopp an einer Lademöglichkeit, Umplanen auf energieeffizientere Route).
- Rund 94% der BMW i3 und 90% der PHEV Privatnutzer laden vorwiegend zu Hause. Die restlichen Nutzer haben meistens eine Lademöglichkeit in der Arbeit.
- Rund 36% der PHEV Privatkunden und 46% der BMW i3 Privatkunden erzeugen ihren Strom selbst, zumeist über Photovoltaikanlagen zu Hause.

- Für die Privatkunden ist derzeit der wichtigste Ladeort im Alltag der Ladepunkt zu Hause. Nur 20% laden ihr Fahrzeug an der Arbeitsstätte, bzw. zu 17% (PHEV) und zu 36% (BMW i3) an öffentlichen Ladeorten auf.
- Rund 13% der PHEV- und 34% der BMW i3 Privatkunden nutzen zum Laden zu Hause eine Wallbox. Der Rest lädt über die Steckdose. Es herrscht insgesamt eine hohe Zufriedenheit mit der Ladeinfrastruktur zu Hause.
- Einen Ausbau der Ladeinfrastruktur sehen vor allem die BMW i3 Privatkunden als wichtig an. Rund 52% wünschen dies am Arbeitsplatz, 63% an Fernverkehrsstraßen und 82% an öffentlichen Parkplätzen innerorts.
- An öffentlichen Ladestationen beträgt die durchschnittliche Standzeit bei den BMW i3 Fahrern zu 63% weniger als zwei Stunden. Rund 39% laden durchschnittlich unter einer Stunde an öffentlichen Ladestationen.
- Viele Privatkunden wünschen sich eine bessere Information zu externen Lademöglichkeiten beim Fahrzeugkauf.
- Die BMW 225xe PHEV Kunden laden mit durchschnittlich 1,35-mal pro Fahrtag sehr häufig ihr Fahrzeug über die Ladeinfrastruktur. Aber auch zu gewissen Streckenanteilen über den SAVE BATTERY Modus (MW: 18%, Max: 47%).
- Die parallele Durchführung von zwei deutschlandlandweiten, repräsentativen Befragungen mit n=1000 Teilnehmern zwischen 17 und 69 Jahren ergab, dass nur rund 15% der Befragten bis Oktober 2016 bislang bewusst Erfahrungen mit einem Elektroauto (BEV/REX) gesammelt haben. Den BMW i3 haben bereits 3% des deutschlandrepräsentativen Samples getestet.
- Rund 40% des deutschlandrepräsentativen Samples konnten aus dem Stand kein einziges Elektroautomodell nennen. Der BMW i3 ist dann das bekannteste Elektroauto (35% Bekanntheit) vor dem Tesla S (26%) und dem E-Golf (24%).
- Bei einem Vergleich zwischen den PREMIUM Versuchsteilnehmern und den Befragten der bevölkerungsrepräsentativen Befragung ergab sich ein differenziertes Bild: Fahrdynamik sehen 52% der PREMIUM Kunden bei BEVs als Vorteil (Bevölkerung: 9%). Neueste Technologie/Innovationsgrad: PREMIUM 53%, Bevölkerung 20%. Bei den Nachteilen: Reichweite, Anschaffungskosten, öffentliche Ladeinfrastruktur gibt es keine Bewertungsunterschiede.
- Bei den Flottenkunden war die Hauptmotivation zur Projektteilnahme eine Verbesserung des grünen Unternehmensimages (71%) und der Wunsch nach einem Test von Flottenfahrzeugen auf Alltagstauglichkeit (70%).
- Rund 88% der Flottenkunden gaben an, dass sie mehr als 80% der anfallenden Fahrten mit den geleasteten oder gekauften Flottenfahrzeugen absolvieren konnten. 22% der Flottenkunden gaben sogar an, alle notwendigen Fahrten des Fuhrparks mit den Elektrofahrzeugen abdecken zu können.

- Die effektivsten staatlichen Maßnahmen aus Sicht der n=242 befragten Fuhrparkleiter zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für Elektrofahrzeuge, gehört der Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur (62% Zustimmung), staatliche Kaufprämien (38%) und Aussetzung der 1%-Versteuerung für Dienstwagen (36%).
- Von den Automobilherstellern wünschen die befragten Flottenleiter vor allem den Verbau größerer Batteriekapazitäten in den Fahrzeugen und die Verkürzung der Ladezeiten.
- Ab 2020 prognostizieren die Flottenleiter, dass Elektroautomodelle zu gleichen oder geringeren Kosten in der Flotte betrieben werden können wie vergleichbare Diesel/- und Benziner Modelle, so dass der Verbrenneranteil in den Flotten immer weiter sinken wird.

## 2. Zielstellung von PREMIUM

### 2.1 Gesamtziel von PREMIUM

Das Akronym PREMIUM steht für:

**Plug-In-, Range-Extender- und Elektrofahrzeuge unter realen Mobilitätsbedingungen: Infrastruktur, Umweltbedingungen und Marktakzeptanz**

Es wurde als F&E-Verbundvorhaben der Firmen Bayerische Motoren Werke AG, Alphabet GmbH, Universität Duisburg-Essen, Universität Passau und der Universität der Bundeswehr München zur Förderung beantragt und über den Projektträger VDI/VDE in Berlin beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) eingereicht.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde das Nutzerverhalten für Batterieelektrische Fahrzeuge (BEV), Range-Extenderfahrzeuge (REX) und Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge (PHEV) erforscht. Erstmals erfolgte eine gesamthafte Betrachtung des gesamten Nutzerspektrums: Vom Privatanwender über Kleinstflottennutzer bis hin zu Großkunden. Ein wesentliches Ziel des Forschungsprojekts war es, Handlungsempfehlungen abzuleiten, um die für die von der Bundesregierung gewünschten eine Million zugelassener E-Fahrzeuge in 2020 notwendige Marktdurchdringung zu fördern.

### Untersuchtes Sample von PREMIUM in Deutschland

#### Privatkunden

- BMW i3 BEV: 198 \*(23)
- BMW i3 REX: 139 \*(17)
- BMW 225xe: 91 \*(19)
- BMW 330e: 23\*\*
- BMW X5 xDrive 40e: 19\*\*

\*(mit CAN-Datenlogger)  
 \*\*(geringe Fallzahl)



#### Flottenkunden versch. Marken/Modelle

- Flottenleiter: 245
- Poolnutzer: 365
- User Chooser: 108



#### Deutschlandrepräsentative Befragung

- Befragte Mai 2015: 1000
- Befragte Oktober 2016: 1000



Abbildung 1: Untersuchungssample PREMIUM

Um die Projektziele zu erreichen, wurden unterschiedliche Kundengruppen befragt (vgl. Abbildung 1). Zum einen wurden Privatkunden untersucht. Dies waren 198 i3 BEV und 139 i3 REX Kunden sowie insgesamt 133 BMW PHEV Kunden der Modelle 225xe, 330e und X5 xDrive 40e. Teilweise wurden in diesen Fahrzeugen zusätzlich Datenlogger verbaut, um noch detailliertere Erkenntnisse zum Kundenverhalten zu gewinnen.

Zum anderen wurden Flottenkunden befragt. Als Kunden wurden hierbei 245 Flottenleiter definiert, deren Sicht wiederum mit 365 Poolnutzern, also Nutzern, die auf gemeinsame Poolfahrzeuge im Unternehmensfuhrpark zugreifen, und 108 User Choosern (Dienstwagenfahrern) verglichen wurde. Auch hierbei wurden teilweise Datenlogger in Flottenfahrzeugen für detailliertere Informationsgewinnung verbaut.

Ergänzt wurden die erhobenen Ergebnisse mit zwei bevölkerungsrepräsentativen Befragungen mit n=1000 Teilnehmern zwischen 17 und 69 Jahren in Deutschland, um den allgemeinen Wissensstand der Bevölkerung zur Elektromobilität zu erforschen.

Die Projektlaufzeit umfasste rund 3,5 Jahre und das Gesamtprojektvolumen betrug ca. 11 Millionen Euro. Die Gesamtkoordination des Projektes wurde durch die BMW Group übernommen.

## 2.2 Aufgaben der Projektpartner

Die beteiligten Projektpartner haben innerhalb des Konsortiums sich ergänzende Aufgaben übernommen (vgl. Tabelle 1). Die BMW Group konzentrierte sich hauptsächlich auf das übergreifende Forschungsdesign (AP 1000 - 1400) sowie die Durchführung der Datenerhebung mittels CAN-Datenlogger und die Auswertung der daraus gewonnenen Erkenntnisse. Die Universität Duisburg-Essen beschäftigte sich intensiv mit den Anforderungen und dem Nutzungsverhalten der Flottennutzer sowohl mithilfe von Befragungen wie auch mittels Datenloggern. Die Universität Passau und das ihr angeschlossene Centrum für Marktforschung konzentrierte sich auf die Befragung von Privatkunden der unterschiedlichen Fahrzeugkonzepte und führte zusätzlich zwei repräsentative deutschlandweite Befragungen durch. Die Universität der Bundeswehr untersuchte auf Basis der erhobenen Datenloggerdaten die verkehrliche Nutzung von Elektrofahrzeugen und die Einflussfaktoren auf den Energiebedarf. Der Projektpartner Alphabet sorgte für den Vertrieb der Flottenfahrzeuge und entwickelte gemeinsam mit der Universität Duisburg-Essen Tools zur Bewertung des Bedarfs an Elektrofahrzeugen in Unternehmensflotten.

### Übersicht Arbeitspakete

| Name Arbeitspaket | BMW verantwortlich | BMW beteiligt | Arbeitsinhalte des Pakets                                                                                                                                |
|-------------------|--------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1000              | x                  |               | Übergreifendes Studiendesign                                                                                                                             |
| 1100              | x                  |               | Subjektive Datenerfassung: Präzisierung Forschungsfragen aus universitärer und automotiver Sicht, Abgleich mit bereits umgesetzten/geförderten Projekten |



|      |   |   |                                                                                                                                                                                                          |
|------|---|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1200 | x |   | Subjektive Datenerfassung: Definition eines gemeinsamen Forschungsfragensets 'Korpus' für Privatnutzer und Flotten sowie Methodenentwicklung Schnittstellen/HMI/Authentifizierung                        |
| 1300 | x |   | Fortlaufender Abgleich von Methodik, Forschungsfragen und Ergebnissen mit laufenden / geförderten Projekten                                                                                              |
| 1400 | x |   | Subjektive Datenerfassung: Zusammenführung der 'Korpus' Flotten- und Privatnutzenergebnisse, Analyse und Zusammenfassung                                                                                 |
| 2000 | x |   | Vorbereitung und Durchführung der objektiven Datennahme - Fahrzeug                                                                                                                                       |
| 2100 | x |   | Verbauanalyse, Messtechnikdefinition, -konfiguration und -test CAN-Logger                                                                                                                                |
| 2110 | x |   | Verbauanalyse, Messtechnikdefinition, -konfiguration und -test CAN-Logger BEV                                                                                                                            |
| 2120 | x |   | Verbauanalyse, Messtechnikdefinition, -konfiguration und -test CAN-Logger REX                                                                                                                            |
| 2130 | x |   | Verbauanalyse, Messtechnikdefinition, -konfiguration und -test CAN-Logger PHEV                                                                                                                           |
| 2200 | x |   | Verbauanalyse, Messtechnikdefinition, -konfiguration und -test sensorbasierte Datenlogger Flotte                                                                                                         |
| 2300 |   |   | Datenübertragung und -haltung                                                                                                                                                                            |
| 2310 |   |   | Datenübertragung und -haltung sensorbasierte Datenlogger und Smartphones                                                                                                                                 |
| 2320 |   |   | Datenübertragung und -haltung CAN-Logger                                                                                                                                                                 |
| 2400 |   |   | Datenlogging mit Smartphones                                                                                                                                                                             |
| 3000 |   |   | Befragung zum Fahr- und Nutzungsverhalten im Privatkundenbereich                                                                                                                                         |
| 3100 |   |   | Entwicklung eines Befragungsinstrumentes für die Längsschnittstudie zur begleitenden Nutzerforschung im Hinblick auf ökologische und technische Fragestellungen und die Entwicklung der Reichweitenangst |
| 3200 |   | x | Datenschutzrechtliche Belange, Kundenincentivierung, Koordination der probandengerichteten Kommunikation der Privatnutzer                                                                                |
| 3210 |   | x | Befragung von Neukunden der verschiedenen Antriebskonzepte zur Segmentierung von Fahrertypen BEV                                                                                                         |
| 3220 |   | x | Befragung von Neukunden der verschiedenen Antriebskonzepte zur Segmentierung von Fahrertypen REX                                                                                                         |
| 3230 |   | x | Befragung von Neukunden der verschiedenen Antriebskonzepte zur Segmentierung von Fahrertypen PHEV                                                                                                        |
| 3300 |   |   | Erstbefragung im Rahmen der Längsschnittstudie zur begleitenden Nutzerforschung im Hinblick auf ökologische und technische Fragestellungen und die Entwicklung der Reichweitenangst                      |
| 3310 |   |   | Programmierung Fragebogen, Pre-Test und Überarbeitung                                                                                                                                                    |
| 3320 |   |   | Interviewerakquise, -schulung und -betreuung und Feldsteuerung                                                                                                                                           |
| 3330 |   |   | Begleitende Datenkontrolle: Datenaufbereitung und -bereinigung                                                                                                                                           |
| 3400 |   |   | Umfrage zur Auswahl repräsentativer Fahrer für die Fahrzeugvermessung im Privatkundenbereich                                                                                                             |
| 3410 |   |   | Entwicklung eines Befragungsinstrumentes zur Segmentierung von Privatkunden im Bereich der verschiedenen Antriebskonzepte                                                                                |
| 3420 |   |   | Befragung von Kunden der verschiedenen Antriebskonzepte zur Segmentierung von Fahrertypen                                                                                                                |
| 3430 |   |   | Privatkundensegmentierung zur repräsentativen Erhebung von objektiven Daten bei den einzelnen Antriebskonzepten                                                                                          |
| 3500 |   |   | Zwischenbefragung im Rahmen der Längsschnittstudie zur begleitenden Nutzerforschung im Hinblick auf ökologische und technische Fragestellungen und die Entwicklung der Reichweitenangst                  |
| 3510 |   |   | Programmierung Fragebogen, Pre-Test und Überarbeitung                                                                                                                                                    |
| 3520 |   |   | Interviewerakquise, -schulung und -betreuung und Feldsteuerung                                                                                                                                           |
| 3530 |   |   | Begleitende Datenkontrolle: Datenaufbereitung und -bereinigung                                                                                                                                           |
| 3600 |   |   | Endbefragung im Rahmen der Längsschnittstudie zur begleitenden Nutzerforschung im Hinblick auf ökologische und technische Fragestellungen und die Entwicklung der Reichweitenangst                       |
| 3610 |   |   | Programmierung Fragebogen, Pre-Test und Überarbeitung                                                                                                                                                    |
| 3620 |   |   | Interviewerakquise, -schulung und -betreuung und Feldsteuerung                                                                                                                                           |
| 3630 |   |   | Begleitende Datenkontrolle: Datenaufbereitung und -bereinigung                                                                                                                                           |

|      |   |                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3700 |   | Längsschnittstudie: Statistische Analyse der Ergebnisse aus der begleitenden Nutzerbefragung im Hinblick auf ökologische und technische Fragestellungen und die Entwicklung der Reichweitenangst                                                       |
| 3710 |   | Auswertung der Erst-, Zwischen- und Endbefragung                                                                                                                                                                                                       |
| 3720 |   | Abgleich und Matchen der Ergebnisse aus der Erst-, Zwischen- und Endbefragung                                                                                                                                                                          |
| 3730 |   | Erstellen eines Längsschnittdatensatzes zum Vergleich und statistischen Analyse der Ergebnisse aus der begleitenden Nutzerforschung im Hinblick auf ökologische und technische Fragestellungen und die Entwicklung der Reichweitenangst im Zeitverlauf |
| 3740 |   | Wissenschaftliche Aufbereitung der Ergebnisse aus der Erst-, Zwischen- und Endbefragung                                                                                                                                                                |
| 4000 |   | Flottenbefragung zur Ermittlung des ökologisch optimierten Flotten-Mix                                                                                                                                                                                 |
| 4100 |   | Vorstudie mit Befragungen von Flottendienstleistern und -betreibern zur Klassifikation unterschiedlicher Flottentypen                                                                                                                                  |
| 4110 |   | Experteninterviews zur Typisierung der Grundgesamtheit und Definition eines Sets unterschiedlicher Flottentypen anhand trennscharfer Merkmale                                                                                                          |
| 4120 |   | Eingrenzung der Grundgesamtheit und Durchführung der Clusterung                                                                                                                                                                                        |
| 4200 |   | Ermittlung flottenspezifischer Fahrzeuganforderungen und Nutzerpräferenzen durch Vorbefragungen sowie deren Abgleich mit den elektrifizierten Antriebskonzepten für eine effiziente Verteilung der Fahrzeuge in der Feldphase                          |
| 4300 |   | Kundenincentivierung (durch Alphabet)                                                                                                                                                                                                                  |
| 4400 |   | Durchführung begleitender Befragungen der Fuhrparknutzer und Flottenmanager                                                                                                                                                                            |
| 4410 |   | Erhebung der subjektiven Daten durch die Feldphase begleitende Nachbefragungen der Fuhrparknutzer                                                                                                                                                      |
| 4420 |   | Erhebung der subjektiven Daten durch die Feldphase begleitende Nachbefragungen der Flottenmanager                                                                                                                                                      |
| 4430 |   | Zusammenführung und Konsolidierung der gesammelten subjektiven Daten                                                                                                                                                                                   |
| 4500 |   | Statistische Auswertung inklusive des Abgleichs der Messdaten mit den subjektiven Daten aus den Nutzer-/ Flottenmanagerbefragungen                                                                                                                     |
| 4510 |   | Analyse der subjektiven und objektiven Daten aus den begleitenden Befragungen und der Feldphase                                                                                                                                                        |
| 4520 |   | Prüfende Bestandsaufnahme und Ableitung von Handlungsempfehlungen für die Entwicklung des Modells zur Ermittlung des ökologisch optimierten Flotten-Mix                                                                                                |
| 4600 |   | Entwicklung und Anwendung eines flottenspezifischen Modells für einen ökologisch optimierten Flotten-Mix                                                                                                                                               |
| 4610 |   | Grundlegende Konzeption des Modellrahmens eines flottenspezifischen Tools für einen ökologisch optimierten Flotten-Mix                                                                                                                                 |
| 4620 |   | Flottenspezifische Modellschätzung und Anwendung des Tools im Rahmen eines Workshops für Flottenbetreiber und -dienstleister                                                                                                                           |
| 4700 |   | Zusammenfassung der Erkenntnisse und nutzenfunktionsbasierte Prognosen auf der Basis von Szenario-Analysen Modellbasierte Prognosen auf der Basis von Szenario-Analysen mit verschiedenen umwelttechnischen und fahrzeugspezifischen Rahmenbedingungen |
| 5000 |   | Fahrzeugauf- und -abrüstung gemäß der abgeleiteten Anforderungen                                                                                                                                                                                       |
| 5100 |   | Fahrzeugaufrüstung                                                                                                                                                                                                                                     |
| 5110 |   | Fahrzeugaufrüstung sensorbasierte Datenlogger                                                                                                                                                                                                          |
| 5120 | x | Fahrzeugaufrüstung CAN-Logger BEV Privatkunden                                                                                                                                                                                                         |
| 5130 | x | Fahrzeugaufrüstung CAN-Logger REX Privatkunden                                                                                                                                                                                                         |
| 5140 | x | Fahrzeugaufrüstung CAN-Logger PHEV Privatkunden                                                                                                                                                                                                        |
| 5150 | x | Fahrzeugaufrüstung CAN-Logger BMW-Fahrzeuge Fuhrparkflotte                                                                                                                                                                                             |
| 5200 |   | Bereitstellung und Konfiguration von Smartphones                                                                                                                                                                                                       |
| 5300 |   | Aufbau und Bereitstellung zusätzlicher Datenlogger                                                                                                                                                                                                     |
| 5400 | x | Messtechnikbeschaffung CAN-Logger                                                                                                                                                                                                                      |
| 5500 |   | Fahrzeugabrüstung                                                                                                                                                                                                                                      |
| 5510 |   | Fahrzeugabrüstung sensorbasierte Datenlogger                                                                                                                                                                                                           |
| 5520 | x | Fahrzeugabrüstung CAN-Logger BEV Privatkunden                                                                                                                                                                                                          |

|      |   |  |                                                                                                                                                                                                         |
|------|---|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5530 | x |  | Fahrzeugabrüstung CAN-Logger REX Privatkunden                                                                                                                                                           |
| 5540 | x |  | Fahrzeugabrüstung CAN-Logger PHEV Privatkunden                                                                                                                                                          |
| 5550 | x |  | Fahrzeugabrüstung CAN-Logger BMW-Fahrzeuge Fuhrparkflotte                                                                                                                                               |
| 6000 |   |  | Rohdatenfilterung, -aufbereitung, -monitoring und -validierung und -auswertung                                                                                                                          |
| 6100 |   |  | Monitoring Datenübertragung und Validierung                                                                                                                                                             |
| 6110 |   |  | Monitoring Datenübertragung und Validierung sensorbasierte Datenlogger und Smartphones                                                                                                                  |
| 6120 | x |  | Monitoring Datenübertragung und Validierung CAN-Datenlogger                                                                                                                                             |
| 6200 |   |  | Entwicklung und Durchführung Rohdatenfilterung und -konvertierung                                                                                                                                       |
| 6210 |   |  | Entwicklung und Durchführung Rohdatenfilterung und -konvertierung sensorbasierte Datenlogger und Smartphones                                                                                            |
| 6220 | x |  | Entwicklung und Durchführung Rohdatenfilterung CAN-Datenlogger                                                                                                                                          |
| 6230 | x |  | Entwicklung und Durchführung Rohdatenkonvertierung CAN-Datenlogger                                                                                                                                      |
| 6300 | x |  | Definition, Entwicklung, Erweiterung und Durchführung von übergreifenden Auswertungen                                                                                                                   |
| 6400 |   |  | Definition, Entwicklung, Erweiterung und Durchführung von Auswertungen, sensorbasierte Datenlogger und Smartphones                                                                                      |
| 6500 |   |  | Aufbau von Modellen zum Monitoring von Fahrzeugen, die nicht vollständig messtechnisch ausgestattet sind, um den Einsatz von Messtechnik auf das notwendige Maß zu beschränken                          |
| 6600 |   |  | Simulationsgestützte Auswertung der gesamten Projektflotte zur Verbreiterung der Datenbasis                                                                                                             |
|      |   |  |                                                                                                                                                                                                         |
| 7000 |   |  | Makroskopischer Verkehrskontext der Fahrten und Entwicklung von modellspezifischen, energieverbrauchsoptimierten Verkehrsinformationen                                                                  |
| 7100 |   |  | Überlagerung der Fahrzeugdaten mit den korrespondierenden dynamischen Verkehrsinformationen, Einordnung der Fahrten in den entsprechenden makroskopischen Verkehrskontext und statistische Auswertungen |
| 7110 |   |  | Aufbereitung der Fahrten und Erfassung der Daten in der Datenbank                                                                                                                                       |
| 7120 |   |  | räumlich-zeitliche Integration der konventionellen dynamischen Verkehrsinformationen                                                                                                                    |
| 7130 |   |  | Erstellen der Fact-Sheets                                                                                                                                                                               |
| 7140 |   |  | Verkehrliche Interpretation der Fahrten und Einordnung in Verkehrskontext                                                                                                                               |
| 7150 |   |  | Statistische Aufbereitung der Fact-Sheets                                                                                                                                                               |
| 7200 |   |  | Entwicklung modellspezifischer, energieverbrauchsoptimierter, dynamischer Verkehrsinformation                                                                                                           |
| 7210 |   |  | Identifikation statischer Parameter                                                                                                                                                                     |
| 7220 |   |  | Identifikation dynamischer Parameter                                                                                                                                                                    |
| 7230 |   |  | Identifikation statischer Parameter hinsichtlich Risk-averse Routing                                                                                                                                    |
| 7240 |   |  | Identifikation dynamischer Parameter hinsichtlich Risk-averse Routing                                                                                                                                   |
| 7300 |   |  | Aufbau und Test eines Prototyps für modellspezifische, energieverbrauchsoptimierte Verkehrsinformation                                                                                                  |
| 7310 |   |  | Softwaretechnische Umsetzung des Prototypen zur Berechnung energieoptimaler Verkehrsinformationen                                                                                                       |
| 7320 |   |  | Bereitstellung eines Routingalgorithmus/Reichweitenkarte                                                                                                                                                |
| 7330 |   |  | Entwicklung einer Testumgebung zur statistischen Analyse                                                                                                                                                |
| 7340 |   |  | Entwicklung von Testszenarien                                                                                                                                                                           |
| 7350 |   |  | Durchführung und Auswertung der Tests                                                                                                                                                                   |
| 7400 |   |  | Abgleich der Messdaten mit subjektiven Befragungsdaten zur Ermittlung der Kundenwahrnehmung                                                                                                             |
| 7410 |   |  | Entwicklung eines Instruments zum Matchen der objektiven Messdaten mit den subjektiven Befragungsdaten aus der begleitenden Nutzerforschung                                                             |
| 7420 |   |  | Statistische Auswertung der gematchten objektiven Messdaten und subjektiven Befragungsdaten im Hinblick auf die Ermittlung der Kundenwahrnehmung                                                        |

|      |   |   |                                                                                                                                                                                                                          |
|------|---|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8000 |   |   | Bereitstellung von Werkzeugen zur Ermittlung optimaler Fahrzeugkonzepte für unterschiedliche Nutzergruppen (IMECH)                                                                                                       |
| 8100 |   | x | Entwicklung eines Werkzeugs zur Ermittlung optimaler Fahrzeugkonfigurationen für unterschiedliche Nutzergruppen                                                                                                          |
| 8200 |   | x | Entwicklung eines Werkzeugs zur Bestimmung der optimalen Zusammensetzung von Fahrzeugflotten hinsichtlich der Antriebskonzepte unter Berücksichtigung unternehmensspezifischer und umweltrelevanter Randbedingungen      |
| 8300 |   |   | Ableitung praxisingerechter Fahrzyklen für BEV und PHEV aus den Flottenergebnissen                                                                                                                                       |
| 8400 |   |   | Definition und Analyse von Zukunftsszenarien und Bewertung hinsichtlich Umwelt, Ökonomie und Technik                                                                                                                     |
| 8500 |   |   | Entwicklung und Implementierung eines Algorithmus zur Zusammenführung der Analysen nach AP 8.1 - 8.4 und Einbindung weiterer Fahrdaten durch Dritte                                                                      |
| 9000 | x |   | Realer Energiebedarf und CO <sub>2</sub> -Ausstoss beim Kunden, Optimierungsmöglichkeiten und Implikationen bzgl. Marktdurchdringung elektrifizierter Fahrzeuge                                                          |
| 9100 | x |   | Definition und Erstellung von Auswertungen zum Nutzungskontext (Geschwindigkeitswahl, befahrene Streckentypen, Tagesstrecken etc.)                                                                                       |
| 9200 | x |   | Definition und Erstellung von Auswertungen zum elektrischen Energiebedarf, elektrischen Fahranteil, Kraftstoffverbrauch                                                                                                  |
| 9210 | x |   | Definition und Erstellung von Auswertungen zum elektrischen Energiebedarf BEV                                                                                                                                            |
| 9220 | x |   | Definition und Erstellung von Auswertungen zum elektrischen Energiebedarf, elektrischen Fahranteil, Kraftstoffverbrauch etc. REX/PHEV                                                                                    |
| 9300 | x |   | Definition und Erstellung von Auswertungen zum Außentemperatureinfluss, Witterung, Nebenaggregateinfluss etc.                                                                                                            |
| 9400 | x |   | Definition und Erstellung von Auswertungen zum Ladeverhalten (Häufigkeit, Menge, Uhrzeit etc.)                                                                                                                           |
| 9500 |   | x | Toolentwicklung: Einfluss Nutzungskontext, Wetter/Jahreszeit/Außentemperatur, Ladeverhalten auf CO <sub>2</sub> -Ausstoss, E-Fahranteil, Energiekosten etc.                                                              |
| 9600 | x |   | Simulations- und toolbasierte Bewertung des Forschungsgegenstandes                                                                                                                                                       |
| 9610 | x |   | Bewertung Optimierungsmöglichkeiten hinsichtlich Erhöhung des realen E-Fahranteils, Verringerung des realen CO <sub>2</sub> -Ausstosses und Verringerung des realen elektrischen Energiebedarfs                          |
| 9620 | x |   | Bewertung kundenwerter Fahrzeugparameter, die die Nutzerakzeptanz und damit potenzielle Marktdurchdringung determinieren (reale Energiekosten, reales E-Fahrerlebnis, realer Kraftstoffverbrauch etc.)                   |
| 9630 | x |   | Bewertung Nachhaltigkeit anhand realem Nutzungskontext (z.B. Vergleich der verschiedenen Elektrifizierungen: lokaler CO <sub>2</sub> -Ausstoss im Realbetrieb vs. CO <sub>2</sub> -Ausstoss aufgrund von Stromerzeugung) |
| 9640 | x |   | Zuordnung des optimalen elektrifizierten Fahrzeugkonzepts nach zu gegebenem Nutzungskontext                                                                                                                              |

Tabelle 1: Übersicht Arbeitspakete und Verantwortlichkeiten BMW

## 2.3 Aufgaben der BMW Group in den Arbeitspaketen

In diesem Kapitel werden die Aufgaben der BMW Group beschrieben.

### AP1000-1400:

Ziel war die Definition von relevanten Forschungsfragen für PREMIUM aus automotiver und universitärer Sicht sowie deren Abgleich, um ein gemeinsames, übergreifendes Forschungsfragenset zu erstellen. Hier erfolgte BMW-seitig ein Aufruf an alle relevanten Entwicklungsabteilungen, ihre Fragestellungen in ein gemeinsames Dokument einzupflegen. Anschließend wurde ein Abgleich mit bereits aus den vorhergegangenen MINI E- und ActiveE-Forschungsprojekten gewonnenen Erkenntnissen vorgenommen.

Im nächsten Schritt erfolgte BMW-seitig eine gemeinsame Priorisierung der Forschungsfragen, so dass hier ein Zieldokument an Forschungsfragen vorlag. Parallel wurden ebenfalls seitens der universitären Konsortialpartner die aus der jeweiligen Perspektive für das Forschungsprojekt relevanten

Forschungsfragen gesammelt. In mehreren Workshops wurde dann ein gemeinsamer, übergreifender Forschungsfragenpool entwickelt, der sowohl BEV-, REX- sowie auch PHEV-Fragestellungen im Privat- und Flottennutzerkontext abdeckt (vgl. Abbildung 2).

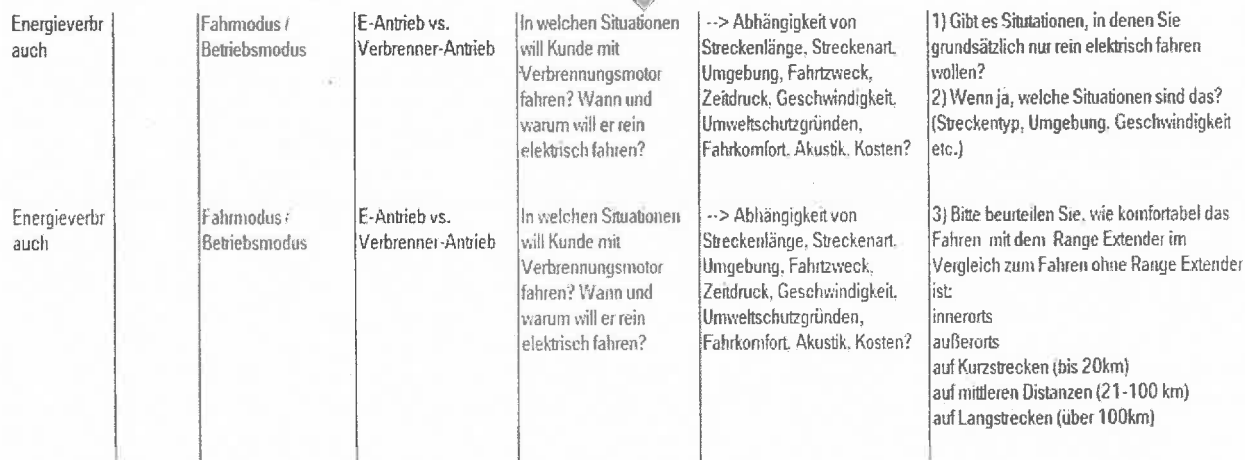


Abbildung 2: Forschungsfragenpool

Der Forschungsfragenpool umfasste in Summe bis Projektende 357 im Projekt zu adressierende Forschungsfragen. Diese wurden dann jeweils für die unterschiedlichen Untersuchungsgruppen in passende Frageformulierungen übersetzt, abgestimmt und zentral im Forschungsplan gespeichert.

Schließlich wurde sowohl für das Privatkunden- als auch für das Flottensetting ein Forschungsdesign definiert, das den jeweiligen spezifischen Anforderungen der beiden Untersuchungsgruppen Rechnung trägt. Das Forschungsdesign für das Flottensetting sah eine Befragung durch die Universität Duisburg-Essen von Fuhrparkmanagern, Fuhrparknutzern und sogenannten User Choosern vor, also Personen, die sich für ein fest zugeordnetes Fahrzeugmodell als Firmenwagen entscheiden können. Als Instrumente waren standardisierte Fragebögen vorgesehen, wobei die Datenerhebung je Befragungsrunde sowohl durch ein computergestütztes Telefoninterview als auch durch einen programmierten Onlinefragebogen erfolgte (vgl. Abbildung 3).

Betriebswirtschaftliche Begleitforschung – Lehrstuhl für allgemeine BWL und Automobilwirtschaft (Prof. Dudenhöffer)

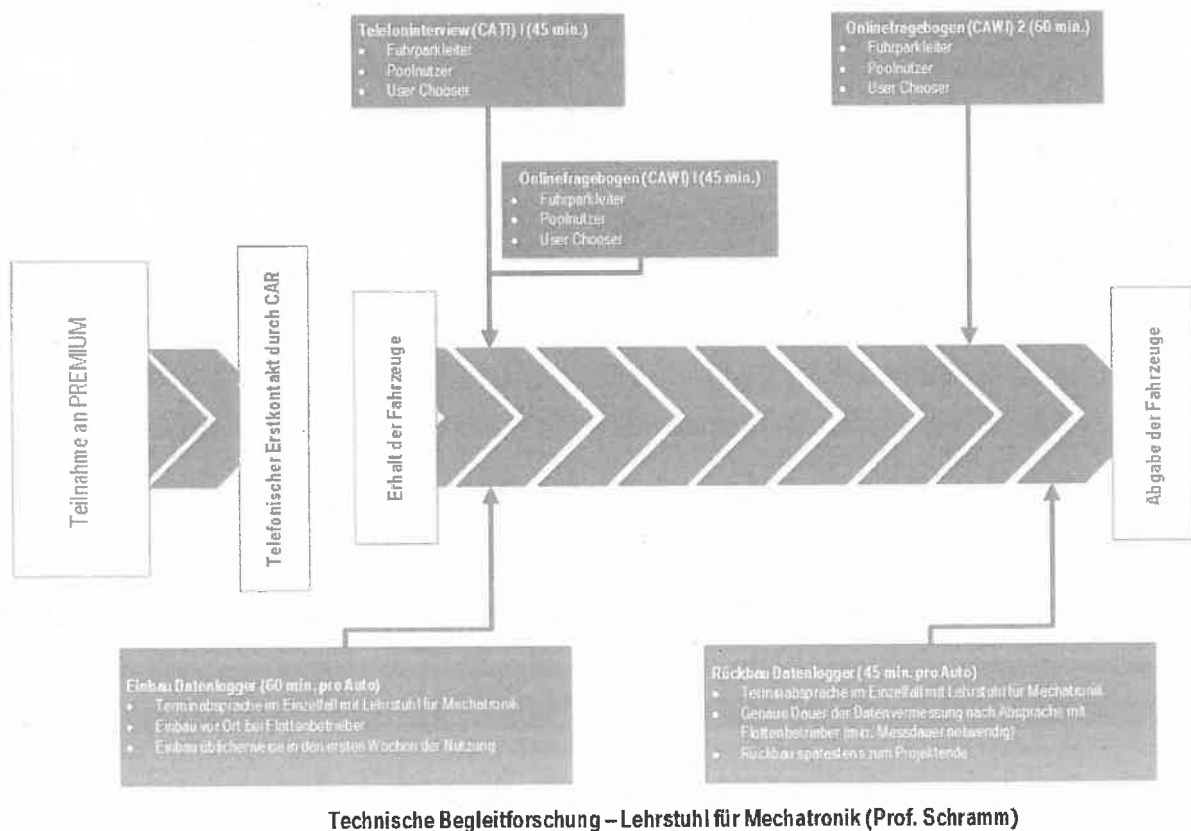


Abbildung 3: Forschungsdesign Flottennutzer

Für das Privatkundensetting wurde ebenfalls ein mehrstufiges Forschungsdesign entwickelt, welches durch die Universität Passau und das Spiegel Institut Mannheim umgesetzt wurde. Im Falle der BMW i3 BEV und REX Kunden wurde ein mehrstufiges Verfahren gewählt (vgl. Abbildung 4). Hierbei erfolgte frühestmöglich nach Fahrzeugerhalt die Ansprache der Kunden durch die Universität Passau. Als Adressgrundlage für die Ansprache diente die zentrale Kundendatenbank der BMW Group, in welcher Kunden angeben können, ob sie für Marktforschungszwecke angesprochen werden dürfen. Da nicht alle Adressdaten schon zu Beginn der Studie vorlagen, wurden diese rollierend an die Universität Passau übermittelt, welche dann über ein erstes Anschreiben den Kontakt zu den Probanden suchte. Bei vorliegendem Einverständnis zur Projektteilnahme informierte die Universität Passau die Kunden in einem Erstkontakt ausführlich über das Projekt und erhob umfassende demografische sowie psychografische Daten. In einer darauffolgenden Erstbefragung wurden dann zwei Wochen später ihr Mobilitätsverhalten, ihre Ladebedingungen sowie ihre Anforderungen an das Fahrzeugkonzept erhoben. Die Adressdaten der interessierten Kunden wurden anschließend mittels einer Datenbank an das Spiegel Institut Mannheim übergeben, um dort für eine Auswahlbefragung verwendet zu werden. Rund 10 Wochen nach der Erstbefragung erfolgte die Zwischenbefragung aller Teilnehmer durch die Universität Passau mit einem Fokus auf dem Mobilitätsverhalten, Reichweithethematiken und dem Ladeverhalten. Schließlich erfolgte rund 6-7 Monate später die Endbefragung mit dem Fokus auf Antriebsthemen, der Alltagstauglichkeit und der generellen Akzeptanz. Für die PHEV-Nutzer Befragung durch die Universität Passau wurde ein analoges Verfahren gewählt.



Abbildung 4: Forschungsdesign BEV/REX Nutzer

#### AP2000-2200, 5400:

Die Arbeitspakete 2000-2200 dienen der Vorbereitung der Messtechnik in Form von CAN-Busloggern für den späteren Einbau in ausgewählten Kundenfahrzeugen.

Die Vorbereitung umfasste die für die Fahrzeugvermessung nötige Hardwaredefinition sowie die Konfiguration der zu verwendenden 40 Datenlogger. Dies beinhaltete u.a. die Auswahl der aufzuzeichnenden Signale aus der Steuergerätekommunikation, Datenübertragungstests, Hardwareüberprüfung, Verbauanalyse sowie Kabelbaumfertigung zur Anbindung aller 40 zu verbauenden Datenlogger an das Fahrzeug. Hierbei war die Firma Semcon München GmbH als wesentlicher Prozesspartner beauftragt. Zudem wurde eine reichhaltige Toollandschaft zum Monitoring, zur Überprüfung, zur Filterung und zur Konvertierung der übertragenen Rohdaten von der BMW AG geschaffen (hierzu auch AP6100f.).

#### AP3200-3230

Diese Arbeitspakete dienen zur Auswahl geeigneter Privatkunden für die Vermessung.

Für die Vorbereitung wurden alle deutschen Privatkunden der BMW Group, welche ein entsprechendes Fahrzeug gekauft hatten und ihr Einverständnis zur Marktforschung gegeben hatten, zur Teilnahme am Projekt PREMIUM eingeladen.

Für die PHEV Fahrzeuge gab es eine Besonderheit. Aufgrund der überproportionalen Teilnahme von 225xe Kunden am Projekt und der gleichzeitig nur in eingeschränktem Umfang verfügbaren Datenlogger wurde von der Projektsteuerung entschieden, ausschließlich Fahrzeuge dieses Typs mit

Datenloggern auszustatten, um eine möglichst reine Stichprobe für statistische Folgeanalysen erzielen zu können.

Sowohl für die BEV, REX und PHEV Fahrzeuge wurden dann in einem vierstufigen Verfahren geeignete Kundenfahrzeuge für den Verbau der Datenlogger identifiziert.

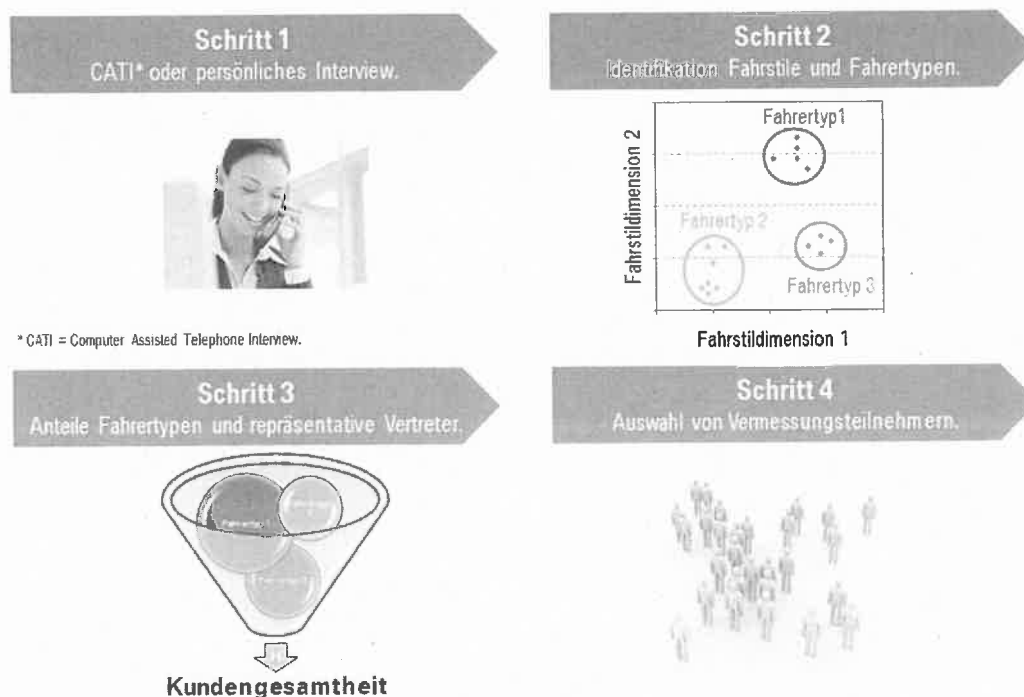


Abbildung 5: Auswahlverfahren zur Identifikation von Vermessungskunden.

Der Selektionsprozess wurde mit einem telefonischen Interview (CATI) eingeleitet, in welchem den Kunden Fragen zu Ihrem Fahrstil, Persönlichkeitsmerkmalen und demografischen Merkmalen gestellt wurden. Auf Basis dieser Informationen erstellte der von der BMW Group beauftragte Forschungspartner Spiegel Institut Mannheim GmbH mithilfe einer Clusteranalyse eine Klassifikation der befragten Fahrer. Im nächsten Schritt wurden geeignete Kunden identifiziert, welche möglichst eine hohe Varianz innerhalb dieser Cluster abdeckten. Über die Bestimmung von Gewichtungsfaktoren wurde im letzten Schritt die Häufigkeit des Auftretens dieser Eigenschaften in der vermessenen Grundgesamtheit auf das ausgewählte Fahrersample übertragen, um einen möglichst hohen Grad an Repräsentativität zu erzielen.

#### AP5120-5150

Nach dem erfolgreichen Selektionsprozess wurden mit den Privatkunden Termine in den deutschlandweiten Servicewerkstätten der BMW Group vereinbart und der Verbau der CAN-Datenlogger in den Kundenfahrzeugen durch die SEMCON München GmbH im Auftrag der BMW vorgenommen. Zur Erhebung objektiver Daten auf Seite der Privatnutzer und auf Seite der Flottennutzer wurde unterschiedliche Messtechnik verwendet. BMW nutzte zur Vermessung von BMW Fahrzeugen CAN-Datenlogger, welche auf die im Fahrzeug verbaute Sensorik zurückgreifen. Die Universität Duisburg-Essen verbaute sensorbasierte Datenlogger (ohne CAN-Zugriff) zur



herstellerübergreifenden Vermessung von Flottenfahrzeugen. Damit unterschied sich die verwendete Messtechnik nicht nur in der Aufzeichnungsbreite (Signalanzahl) sondern auch der Aufzeichnungstiefe (Aufzeichnungsgenauigkeit und Abtastrate). Um im weiteren Projektverlauf die erhobenen Daten von Privat- und Flottenkunden gegenüberstellen zu können, war ein Abgleich der verwendeten Messtechnik notwendig.

Zu diesem Zweck wurde in der Gesamtvorhabensbeschreibung zum Forschungsvorhaben in AP 5150 und AP 5550 der parallele Verbau von Messtechnik in 20 BMW Fahrzeugen im Untersuchungsumfang der Flottenkunden vorgesehen.

In Übereinstimmung mit den Konsortialpartnern wurde entschieden, diese ursprünglich beantragten Arbeitspakete kosten- und erkenntnisoptimal mit dem Ziel des Messtechnikabgleichs zu bearbeiten. Daher wurde entschieden, auf die Vermessung von 20 BMW Fahrzeugen im Flottenbetrieb mit großer Aufzeichnungstiefe zu verzichten und stattdessen die Messtechnik von BMW und UDE in einem kontrollierten Versuchsaufbau abzugleichen.

Zu diesem Zweck wurde ein BMW i3 BEV von BMW zu Verfügung gestellt und dort sowohl ein CAN-Datenlogger als auch ein sensorbasierter Datenlogger verbaut. Anschließend wurde ein mit der Universität abgestimmtes Fahrprogramm absolviert, welches die Nutzung der Fahrmodi, Klimaanlage, Nebenverbraucher und Fahrstrecke umfasste. Die Auswertung der so aufgezeichneten Fahrdaten ermöglichte im weiteren Verlauf des Projekts die Gegenüberstellung der Daten aus der Vermessung von Privatkunden und Flottenkunden.

#### **AP5520-5540**

Nach dem Ende der rund einjährigen Vermessungsphase wurden die BMW BEV und REX Kunden zurück in die Servicewerkstätten gerufen und die dort verwendeten 40 Datenlogger ausgebaut. Eine Teilmenge von 20 Datenloggern wurde dann wieder in den PHEV Fahrzeugen (BMW 225xe) verbaut. Für diese Fahrzeuge wird die Vermessung auch nach Projektende noch fortgeführt.

#### **AP6120, 6220, 6230**

Während der gesamten Vermessung sendeten die CAN-Datenlogger mittels Mobilfunk aktuelle Fahrdaten an das Serverbackend. Die von den CAN-Loggern gesendeten Daten wurden kontinuierlich kontrolliert. Dadurch können gleichzeitig die Funktionsfähigkeit der Datenlogger überwacht sowie die Plausibilität der eingehenden Daten überprüft werden (vgl. Abbildung 6).

Die gesendeten Datenpakete wurden im Serverbackend zu einzelnen Fahrten zusammengesetzt und stehen in anonymisierter Form für die weitere Auswertung zur Verfügung. Dabei entspricht eine Datei einer Fahrt, welche in einem MATLAB®-lesbaren Format abgelegt wird und die zeitlichen Verläufe der aufgenommenen Signale beinhaltet. Ein in MATLAB® erstelltes Tool zur Fahrtanalyse ermöglicht die Ausführung von Auswerteskripten (fahrzeugspezifisch oder fahrtübergreifend).

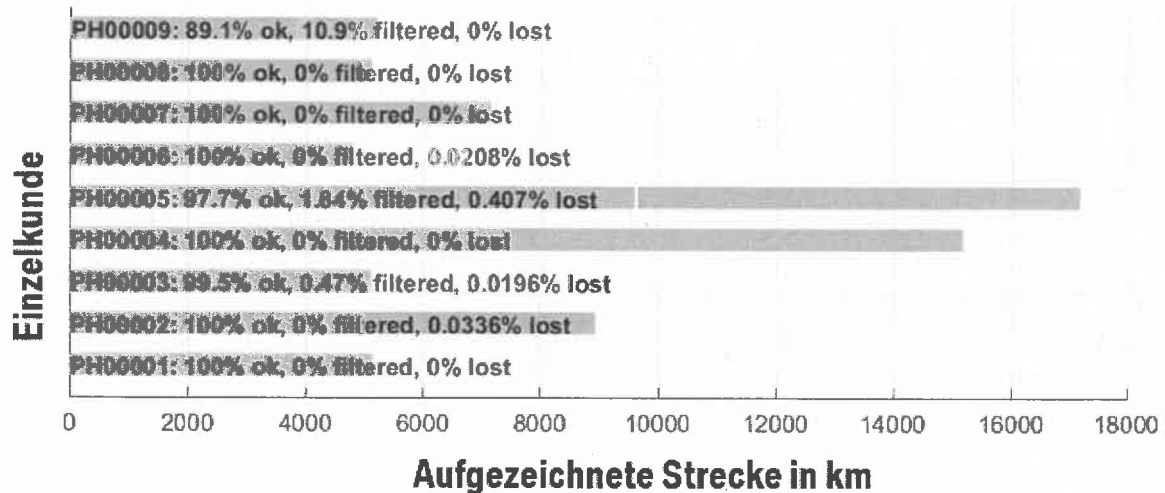


Abbildung 6: Ausschnitt der Plausibilitätsprüfung der Datenloggerdaten

#### AP6300:

Im Rahmen des APs 6300 sollten übergreifende (CAN-Logger vs. sensorbasiert) Auswertegrundlagen entwickelt werden. Es galt, die Rohdatenformate zu vereinheitlichen sowie Basisauswerteprozeduren zur Verfügung zu stellen. Hierzu gehören grundlegende Routinen zu statistischen Kennzahlen (Mittelwerte, Standardabweichungen u.ä.), Histogrammen, Zeit-, Strecken- und Energieanteilen, Ereigniscounter sowie 2D-Histogramme, die auf allen verfügbaren Daten durchführbar sind. Es gab hierzu einen Datenaustausch mit der Universität Duisburg-Essen. Auch die Universität der Bundeswehr in München hat ein reduziertes Datenset für eigenen Auswertungen erhalten.

#### AP8100, 8300:

Die mittels der CAN-Logger erhobenen Ergebnisse wurden der Universität-Duisburg-Essen zur Entwicklung eines Tools bereitgestellt, welches für Unternehmensflotten eine Entscheidungshilfe zur optimalen Zusammensetzung des Fuhrparks bieten soll. Hierbei werden die individuellen Nutzungsparameter der untersuchten Flotte als Grundlage für einen optimalen Fahrzeugmix bestehend aus Verbrennerfahrzeugen, PHEV, BEV und REX genommen. Details hierzu finden Sie im Projektabschlussbericht der Universität Duisburg-Essen.

### 3. Darstellung der erzielten Ergebnisse der BMW Group innerhalb von PREMIUM

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der erhobenen Daten vorgestellt. Abbildung 7 gibt eine Übersicht über die objektiv erfassten Daten wieder. Insgesamt wurden 59 Fahrzeuge mit einem CAN-Datenlogger ausgestattet. Der gesamte Datensatz umfasst über 69.000 Fahrten, mehr als 13.700 aufgezeichnete Fahrtage, eine gesamte Laufleistung von knapp 745.000km sowie fast 16.600 Betriebsstunden.

## AP9000, 9100, 9200, 9210, 9220, 9300, 9400, 9500

### Überblick über objektiv erfasste Daten.

|                                | BMW i3                                                                            | BMW i3 mit Range Extender                                                         | BMW 225xe                                                                           |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                |  |  |  |
| Anzahl untersuchter Fahrzeuge: | 23                                                                                | 17                                                                                | 19                                                                                  |
| Vermessungszeitraum:           | 19.12.2014 - 27.01.2016                                                           | 24.12.2014 - 27.01.2016                                                           | 14.09.2016 - 31.05.2017                                                             |
| Gesamtanzahl Fahrten:          | 30315                                                                             | 24047                                                                             | 15042                                                                               |
| Gesamtanzahl gefahrener Tage:  | 6022                                                                              | 4479                                                                              | 3267                                                                                |
| Aufgezeichnete Strecke in km:  | 292004                                                                            | 303961                                                                            | 148523                                                                              |
| Aufgezeichnete Zeit in h:      | 6881                                                                              | 6303                                                                              | 3373                                                                                |

Abbildung 7: Übersicht der aufgezeichneten Daten.

Im Rahmen dieser Arbeitspakete wurden das Nutzungsverhalten und der Energiebedarf der Fahrzeuge untersucht.

### Verteilung der täglichen Fahrstrecke unter der Woche (n=40)

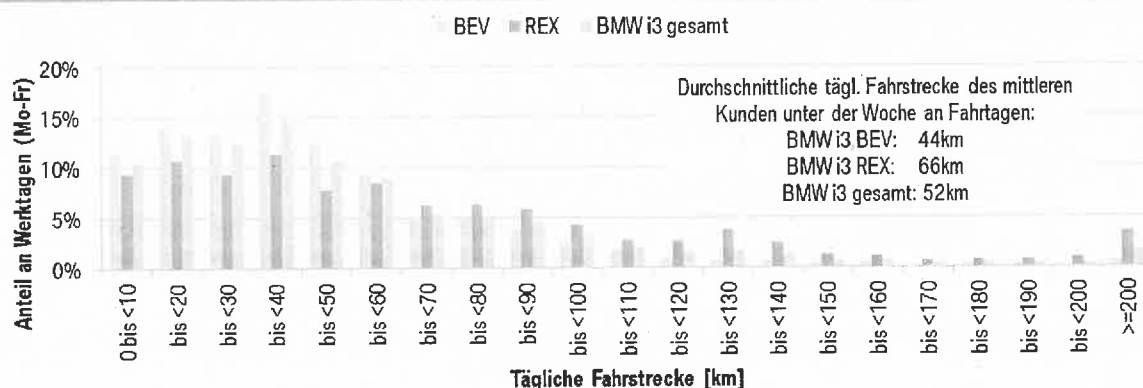


Abbildung 8: Verteilung täglicher Fahrtstrecken BMW i3

Einen guten Einstieg in die Analyse des Nutzungsverhaltens bietet eine Betrachtung der täglichen Fahrtstrecken unter der Woche von Montag bis Freitag. So zeigt der Vergleich der vermessenen BMW i3 BEV und REX Fahrzeuge deutliche Unterschiede (vgl. Abbildung 8). Während die BEV Fahrzeuge an vielen Fahrtagen auf geringere Tageskilometer ( $\leq 50$  km/Fahrtag) als die REX Fahrzeuge kommen, wird der REX ab und zu ( $< 5\%$  der Fahrtage) sogar auf Strecken von  $> 200$  km eingesetzt. Dadurch liegt die durchschnittliche tägliche Fahrtstrecke des mittleren Kunden mit 44 km beim BEV auch deutlich unter der des mittleren REX Kunden mit 66 km/Fahrtag innerhalb der Woche. Insgesamt zeigt die Verteilung aber eine deutliche Übergewichtung von täglichen Fahrtstrecken von unter 50km/Fahrtag. Fahrten über 150 km finden wiederum sehr selten mit den BMW i3 Fahrzeugen statt. Da die Mehrzahl der BMW i3 Kunden (87%) über ein weiteres Verbrennerfahrzeug im Haushalt verfügt, werden die längeren Fahrten unter der Woche oder am Wochenende in der Regel mit diesem Fahrzeug abgewickelt.

### Verteilung der täglichen Fahrstrecke (n=19)

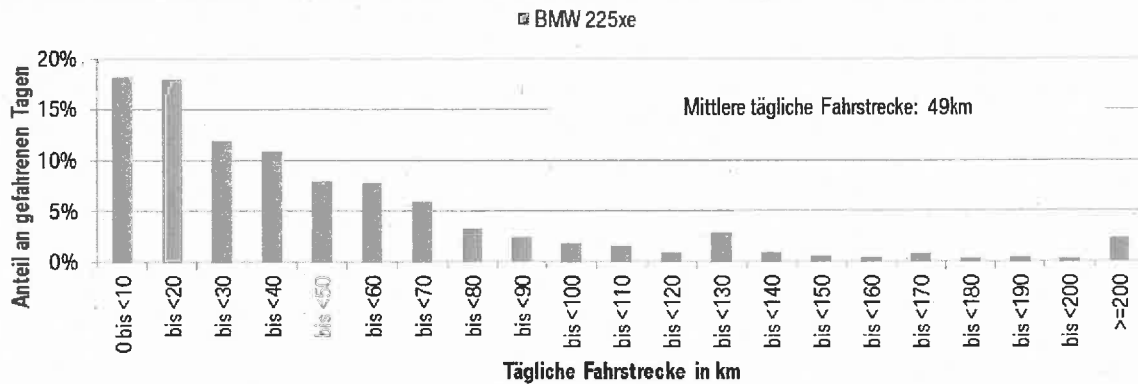


Abbildung 9: Verteilung täglicher Fahrstrecken 225xe

Hier könnte ein Blick auf die erhobenen Messdaten des BMW 225xe PHEV Aufklärung liefern, der aufgrund des verbauten Verbrennungsmotors mit größerem Tankvolumen auch für längere Strecken unabhängig von der Ladeinfrastruktur geeignet ist (vgl. Abbildung 9). Erstaunlicherweise ist das Nutzungsverhalten des PHEVs dem der BMW i3 Fahrzeuge von Montag bis Freitag aber sehr ähnlich, es findet sogar eine noch stärkere Nutzung des Fahrzeugs auf eher kurzen Tagesdistanzen statt, so dass die durchschnittliche tägliche Fahrtstrecke des mittleren Kunden mit 49 km sogar den Mittelwert der BMW i3 Fahrzeuge unterbietet. Auch werden Fahrdistanzen von über 100 km/Tag unter der Woche nur sehr selten zurückgelegt. Da auch hier ein erheblicher Teil der Kunden über ein Verbrenner-Zweitfahrzeug verfügt (74%), kann nicht ausgeschlossen werden, dass auch hier, sofern ein Bedürfnis vorliegt, diese längeren Fahrten bevorzugt mit dem Verbrenner-Zweitfahrzeug unternommen werden.

Eine weitere Motivation für die Wahl des Antriebskonzepts könnten die Fahrtstrecken am Wochenende sein. In der Planung der Studie wurde auf Basis der bereits in Vorprojekten gewonnenen Erfahrungen angenommen, dass unter der Woche die Nutzung des Fahrzeugs vor allem in regelmäßigen Routinen und in einem engeren Radius um die Wohnung erfolgt, während am Wochenende durch die Nutzung für Ausflüge oder Hobbys auch weitere Distanzen zurückgelegt werden.

### Verteilung der täglichen Fahrstrecke am Wochenende (n=40)

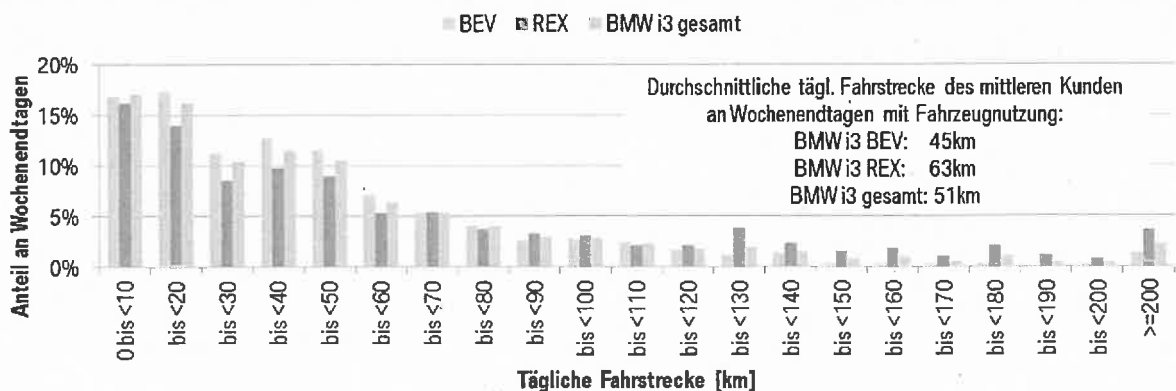


Abbildung 10: Verteilung täglicher Fahrtstrecken am Wochenende BMW i3

Anhand des BMW i3 (vgl. Abbildung 10) ist ersichtlich, dass sich allerdings die mittleren täglichen Fahrtstrecken am Wochenende mit 45 km/Fahrttag für den i3 BEV und 63 km für den i3 REX kaum von denen unter der Woche unterscheiden. Auch liegen nur die wenigsten Fahrtstrecken über 150 km. Ähnlich verhält es sich auch bei 225xe PHEV Fahrzeugen (vgl. Abbildung 11). Hier zeigen sich kaum Unterschiede von Montag bis Freitag zum Wochenende. Eine tiefere Analyse ergab allerdings, dass der Fahrtanteil am Samstag deutlich höher als am Sonntag ist.

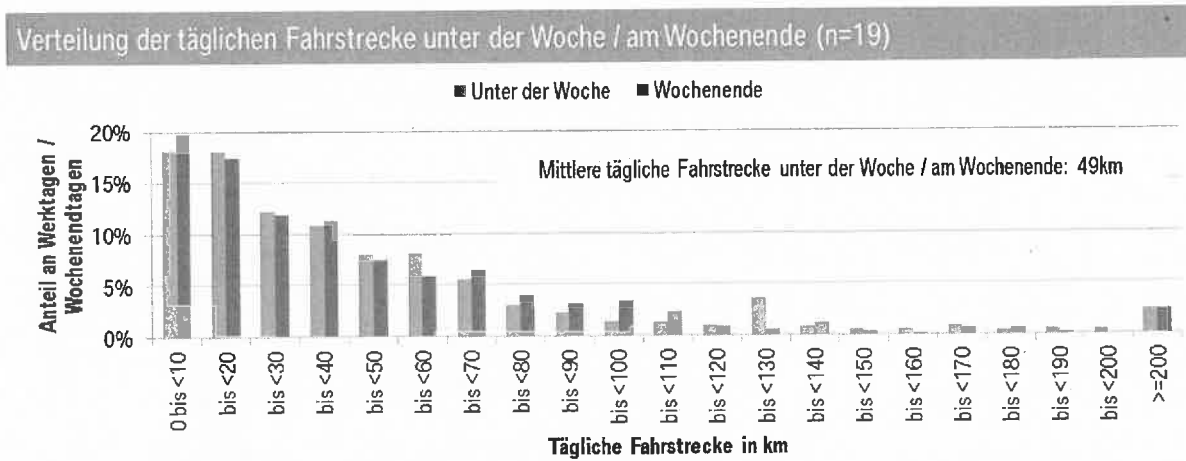


Abbildung 11: Verteilung täglicher Fahrtstrecken am Wochenende BMW 225xe

Insgesamt muss aber festgehalten werden, dass das Nutzungsverhalten der BEV, REX und PHEV Fahrzeuge auf Basis der täglichen Fahrtstrecke sich kaum unterscheidet. Insofern scheint die Auswahl des Antriebskonzepts zumindest bei den untersuchten BEV, REX und PHEV Kunden eher von anderen Faktoren wie bevorzugter Fahrzeugkategorie oder auch Produktwissen und Risikobereitschaft abzuhängen, als von der täglich zu bewältigenden Fahrtstrecke. Hierzu sei auf die Untersuchungen der Universität Passau im gesonderten Abschlussbericht hingewiesen.

Neben den täglichen Fahrtstrecken spielt für die Auslegung der Fahrzeuge auch die Häufigkeit der Streckentypen eine Rolle. Eine Analyse des Streckenprofils mit der Aufspaltung in Innerorts-, Außerorts- und Autobahnnutzung zeigt, dass der BMW i3 überwiegend mit 66% des Zeitanteils innerorts gefahren wird und mit 26% außerorts, bzw. 8% auf der Autobahn (vgl. Abbildung 12). Einerseits weist die starke Nutzung innerorts den BMW i3 eher als Stadtfahrzeug aus, andererseits zeigen die beachtlichen Streckenanteile außerorts, dass er in der Nutzung nicht auf Innenstädte beschränkt ist. Unter Berücksichtigung der bereits analysierten täglichen Fahrtstrecken muss von einer vorrangigen Nutzung als Pendelfahrzeug aus dem Speckgürtel in die Städte und zurück ausgegangen werden.

### Verteilung der Streckentypen: Zeit- und Streckenanteile (n=40)

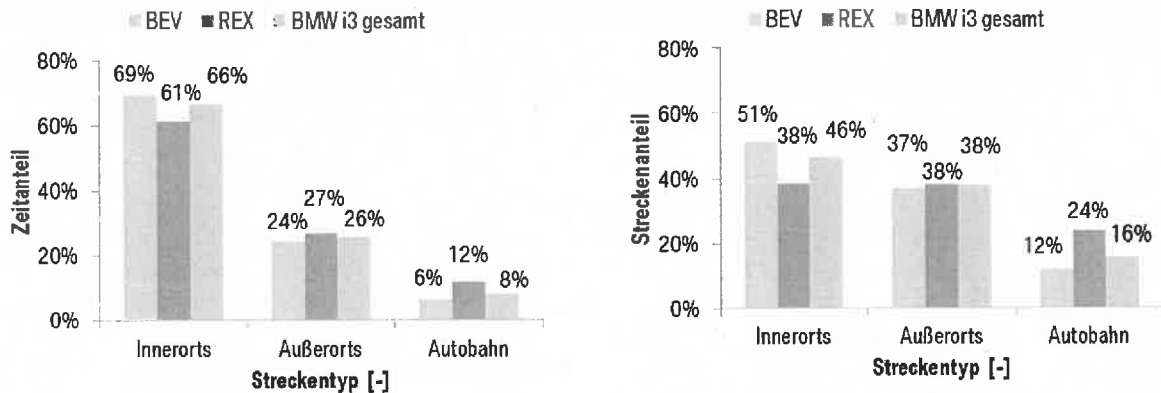


Abbildung 12: Streckentypen nach Zeit- und Streckenanteilen BMW i3

Ein Vergleich mit der Nutzung des 225xe (vgl. Abbildung 13) zeigt erneut, dass die Nutzung der untersuchten PHEV Fahrzeuge sehr ähnlich zu den untersuchten BEV und REX Fahrzeugen ist und sich nur in wenigen Prozentpunkten unterscheidet. Insofern ist auch für den untersuchten PHEV von einer starken Nutzung als Pendelfahrzeug auszugehen. Allerdings ergab ein Vergleich der Daten der Universität Passau, dass alternative Fahrzeugkategorien wie der X5 40e, der aus Kostengründen leider nicht ebenfalls mit CAN-Datenloggern ausgestattet werden konnte, durchaus auch für längere Tagesfahrstrecken eingesetzt werden und einen höheren Autobahnanteil aufweisen kann. Daraus ist zu schließen, dass die Wahl des Antriebs innerhalb einer Fahrzeugkategorie zu deutlich geringeren Unterschieden im Nutzungsverhalten führt als der Vergleich zwischen unterschiedlichen Fahrzeugkategorien.

### Verteilung der Streckentypen: Zeit- und Streckenanteile (n=19)

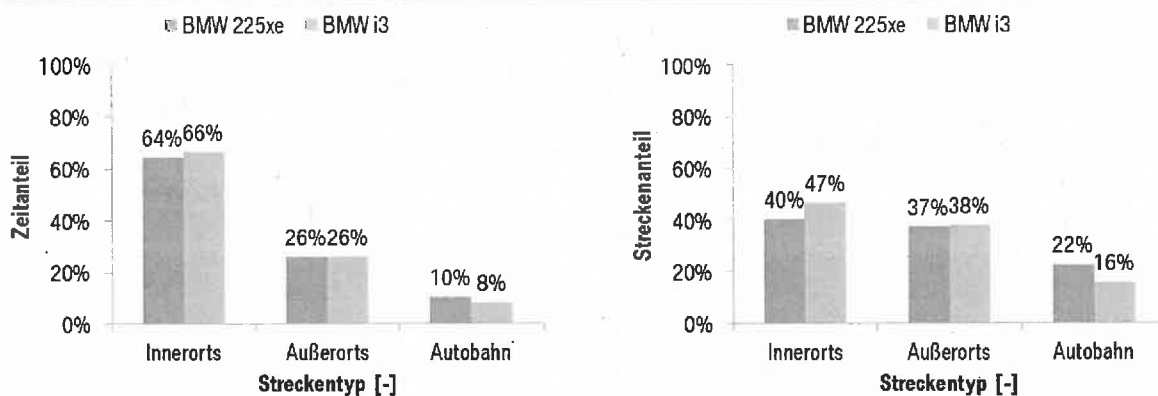


Abbildung 13: Streckentypen nach Zeit- und Streckenanteilen BMW 225xe

Alle untersuchten BMW-Modelle verfügen über einen sogenannten Fahrerlebnisschalter (FES). Dieser dient dazu, das Fahrzeugmodell auf die jeweils vom Fahrer gewünschte Fahr-situation einzustellen. Die Nutzung kann somit Aufschluss über die vom Fahrer überwiegend gewünschten Fahrzeugkonfigurationen geben. Der BMW 225xe ist bei jedem Start automatisch mit dem COMFORT Modus konfiguriert. Dieser stellt einen optimalen Mittelweg zwischen sportlichem Motorverhalten und bequemen Fahrwerkseinstellungen dar. Für ein noch sportlicheres Fahrzeugverhalten kann in den

SPORT-Modus gewechselt werden, bei dem das Ansprechverhalten des Getriebes und des Motors sowie die Fahrwerkseinstellungen entsprechend verändert werden. Als dritte Alternative steht bei den PHEV-Fahrzeugen der ECO PRO Modus zur Verfügung, bei dem vor allem die Effizienz im Vordergrund steht. Außerdem kann in diesem Modus auch „gesegelt“ werden. Dabei wird nur ein minimaler Vortrieb erzeugt, so dass das Fahrzeug besonders effizient vor allem auf der Autobahn bewegt werden kann.

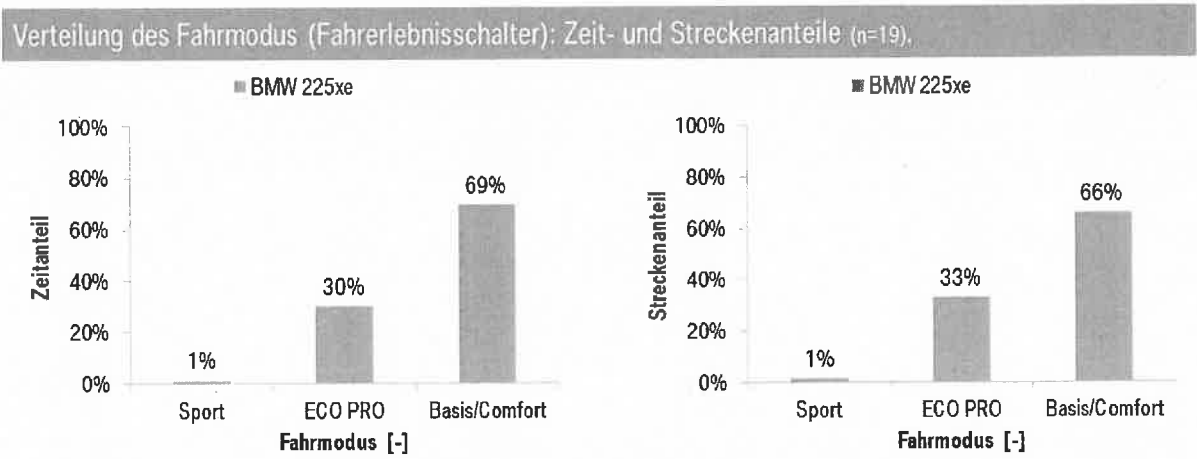


Abbildung 14: Fahrerlebnisschalter BMW 225xe

Eine Analyse des Nutzungsverhaltens des Fahrerlebnisschalters zeigt eine dominante Nutzung des COMFORT-Modus (69% Zeitanteile), was insofern erklärbar ist, als dass er immer automatisch beim Fahrzeugstart voreingestellt ist (vgl. Abbildung 14). Überraschend ist allerdings die relativ starke Nutzung des ECO PRO Modus (30% Zeitanteile) und die im Vergleich sehr geringe Nutzung des SPORT-Modus (1% Zeitanteile). Eine ergänzende Untersuchung der Motive durch die Universität Passau (s. Abschlussbericht Universität Passau) erklärt das Phänomen durch das große Interesse der Nutzer, möglichst energieeffizient und umweltschonend unterwegs zu sein. Der Mehrwert des Sportmodus wird im Vergleich eher als gering eingeschätzt, zumal das Fahrzeug auch in der COMFORT Einstellung schon für die Klasse beachtliche Beschleunigungswerte aufweist.

In den BMW i3 Fahrzeugen ist anstatt des SPORT Modus ein sogenannter ECO PRO+ Modus verbaut, der noch deutlich energieeffizienter als der normale ECO PRO Modus ist und z.B. auch die Heizungsleistung einschränkt (vgl. Abbildung 15). Auch beim BMW i3 zeigt sich wenig überraschend eine bevorzugte Nutzung des Aufstartmodus COMFORT. Allerdings wird auch die ECO PRO und sogar die mit Bequemlichkeitseinschränkungen verbundene Einstellung ECO PRO+ häufig eingesetzt. Somit ergibt sich eine Teilung bei den Zeit- und Streckenanteilen von rund 50% im COMFORT Modus zurückgelegter Strecken und rund 50% in den im ECO PRO Modi zurückgelegten Strecken. Eine Analyse der hierbei vorliegenden Motive ergab neben bekannten Effizienz- und Umweltschutzaspekten vor allem eine gewünschte Maximierung der elektrischen Reichweite um auf längeren Strecken das Ziel noch sicher zu erreichen oder auch im Alltag die maximale Reichweitenflexibilität zu behalten.

### Nutzung des FES: Zeit- und Streckenanteile (n=40)

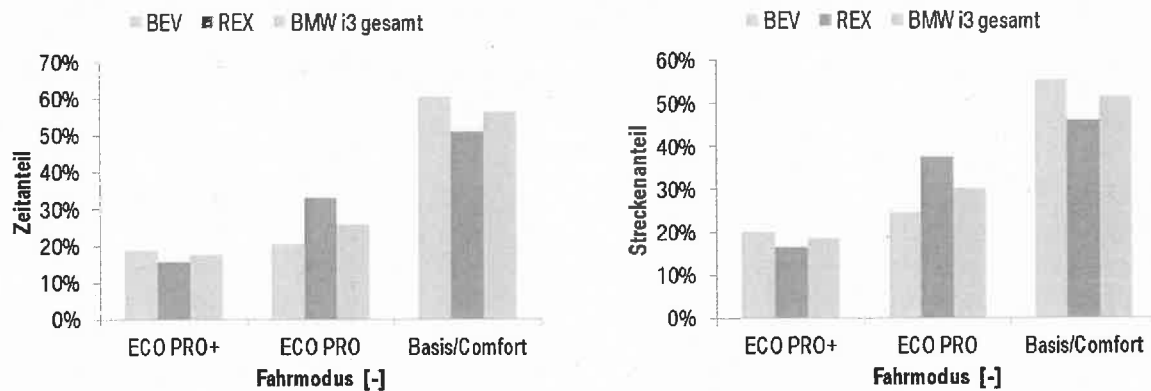


Abbildung 15: Fahrerlebnisschalter BMW i3

Relevant für die Frage nach der Nutzung der PHEV-Komponenten ist die Nutzung der drei Betriebsmodi MAX eDrive, AUTO eDrive und SAVE Battery. Diese können durch den Fahrer über den sogenannten eDrive Taster in der Mittelkonsole ausgewählt werden. Der Modus MAX eDrive ermöglicht rein elektrisches Fahren bis zu 80 km/h, sofern die Batterie ausreichend geladen ist. Der AUTO eDrive Modus, der auch gleichzeitig bei jedem Fahrzeugstart automatisch gewählt ist, sorgt für einen optimalen Einsatz des Verbrennungs- und Elektromotors in Abhängigkeit von der aktuellen Fahrsituation. Der SAVE Battery Modus dient dazu, den Batterieladestand auf einem stabilen Niveau zu halten, so dass z.B. ein rein elektrisches Fahren zu einem späteren Zeitpunkt, falls vom Fahrer gewünscht, noch möglich ist. Hierzu wird bei <50% SOC über den Verbrennungsmotor über eine Lastpunktanhebung Strom erzeugt und in die Batterie eingespeist bis 50% SOC erreicht wird. Bei einem Batterieladestand von >50% SOC wird der Batterieladestand konstant gehalten.

### Verteilung eDrive Modi: Zeit- und Streckenanteile (n=19)

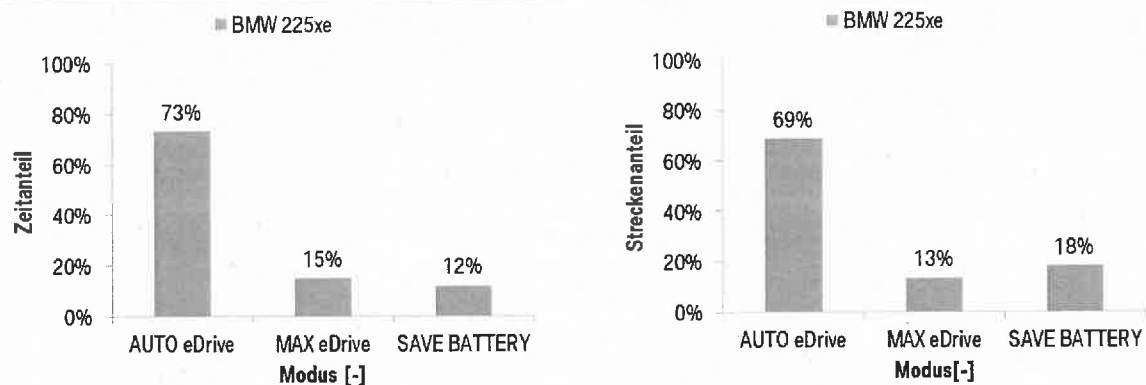


Abbildung 16: eDrive Modi, Zeit- und Streckenanteile

Insgesamt zeigt sich, dass die PHEV Fahrer hauptsächlich den AUTO eDrive Modus nutzen (vgl. Abbildung 16). So wurden im Durchschnitt 73% der Zeit- und 69% der Streckenanteile in diesem Modus absolviert. Immerhin 15% der Zeit- und 13% der Streckenanteile wurden im rein elektrischen MAX eDrive Modus zurückgelegt. Ein fast ebenso großer Anteil nämlich 12% der Zeitanteile und 18% der Streckenanteile wurden im SAVE BATTERY Modus zurückgelegt. Zwischen den einzelnen Fahrern gab



es jedoch große Unterschiede, wie in Abbildung 17 ersichtlich. Rund die Hälfte des Samples fuhr nur unter 5% der Strecken im MAX eDrive Modus, während die andere Hälfte des Samples diesen Modus stark nutzte, bis hin zu einem Rekordhalter der rund 70% der Strecken rein elektrisch absolvierte. In Verbindung mit einem entsprechenden Ladeverhalten stellt die Nutzung des MAX eDrive Modus aktuell eines der mächtigsten Mittel in Kundenhand dar, um lokale Emissionen und den Kraftstoffverbrauch zu senken.

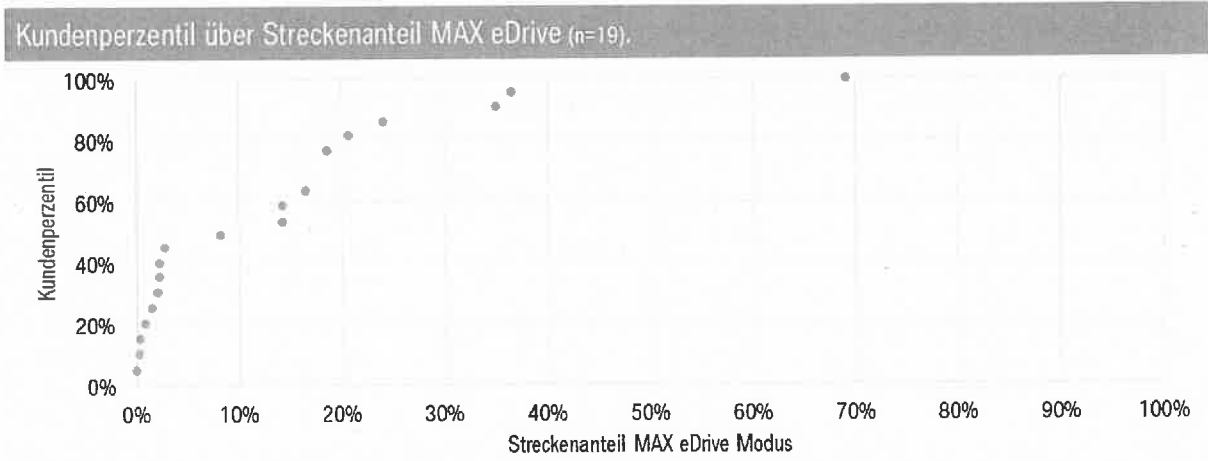


Abbildung 17: Kundenperzentil über Streckenanteil MAX eDrive Modus

Im Gegenzug kann sich der SAVE BATTERY Modus über die Lastpunktanhebung bei <50% SOC negativ auf den Kraftstoffverbrauch auswirken. Auch bei der Betrachtung der Nutzung dieses Modus auf Kundenebene zeigen sich große Unterschiede (vgl. Abbildung 18)

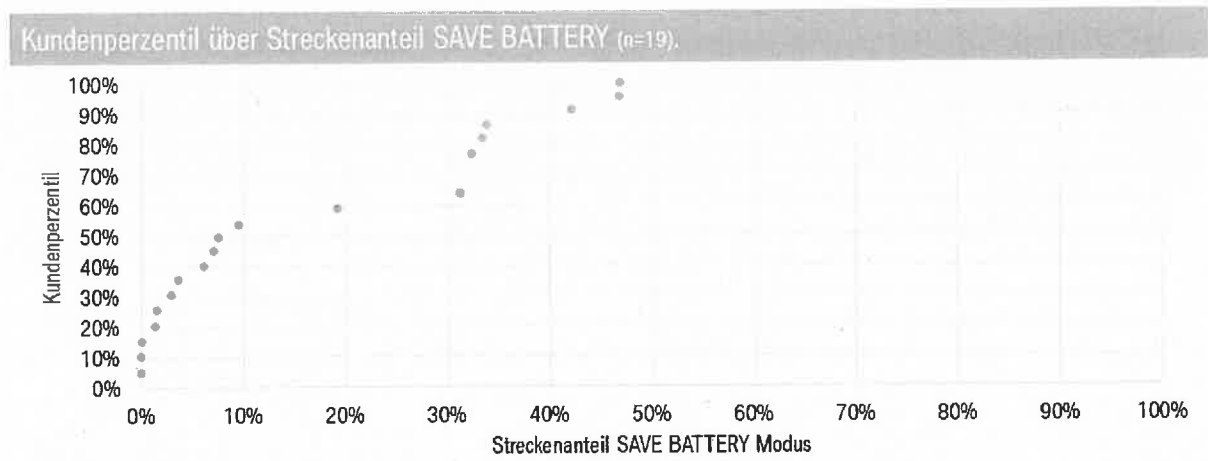


Abbildung 18: Kundenperzentil über Streckenanteil SAVE BATTERY Modus

Erneut nutzte rund die Hälfte des Samples diesen Modus relativ selten mit Werten unter 10% Streckenanteil. Die andere Hälfte des Samples nutzte diesen Modus deutlich häufiger mit bis zu rund 45% Streckenanteilen im Extremfall. Gründe für diese intensive Nutzung waren nach Erkenntnissen der Universität Passau der Wunsch nach rein elektrischem Fahren am Zielort, häufig in Wohngebieten, aber auch der Wunsch eine Art elektrischen Reservekanister für Notfälle mit sich zu führen.

Der BMW i3 REX verfolgt ein solches Konzept, indem der zusätzliche Verbrennungsmotor mit einem zusätzlichen kleinen Benzintank das Risiko des Liegenbleibens bei leerer Batterie verringern soll und gleichzeitig die Flexibilität auf Langstrecken durch die Möglichkeit des Nachtankens gesteigert werden soll. Der Zustart des Range Extenders kann dabei auf zwei Arten erfolgen. Entweder automatisch durch das Fahrzeug wenn der SOC der Batterie unter ein bestimmtes Niveau sinkt oder alternativ durch Betätigung des „SOC hold“ Tasters durch den Fahrer.

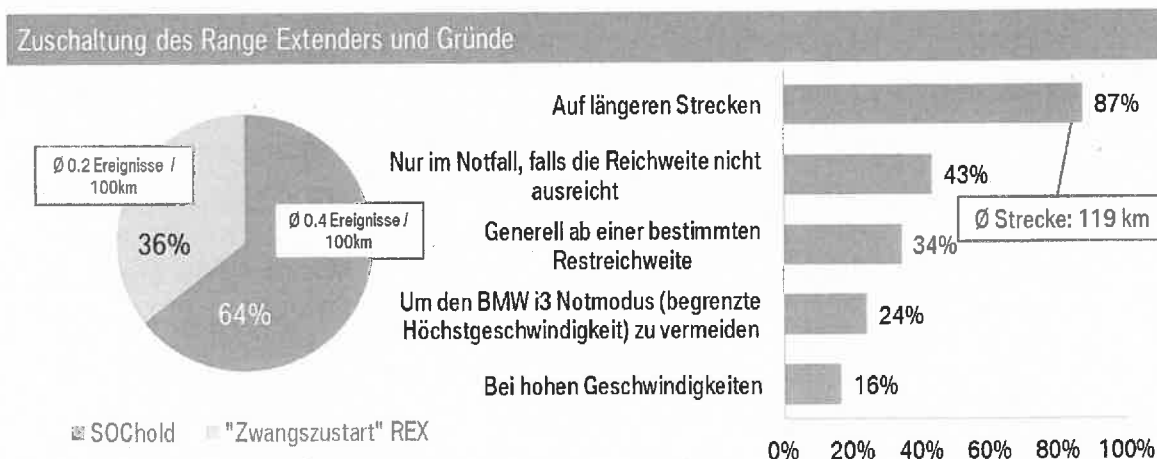


Abbildung 19: Zuschaltung des Range Extenders und Gründe

Eine Analyse des Nutzungsverhaltens der BMW i3 REX Fahrer ergab, dass bei den Zuschaltvorgängen des Range Extenders, dies zu 36% automatisch durch das System und zu 64% durch den Fahrer selber erfolgte. Die Gründe, welche durch die Uni Passau erhoben wurden, zeigten, dass die Zuschaltung dann erfolgte, wenn die Fahrer längere Strecken bewältigen wollten und sie befürchteten, dass die rein elektrische Reichweite nicht ausreichen würde (vgl. Abbildung 19). Insgesamt erfolgten die Zuschaltereignisse des REX recht selten. So erfolgte die automatische Zuschaltung nur 0,2 Mal auf 100 km. Die nutzerinduzierte Zuschaltung erfolgte 0,4 Mal auf 100 km. Insgesamt lag der rein elektrische E-Fahranteil somit bei rund 91% der Strecken bei den BMW i3 REX Fahrern.

Ein wichtiger Faktor für die Bewertung des Nutzerverhaltens stellt das Ladeverhalten dar. Hierbei stellt sich insbesondere für die REX und PHEV Fahrzeuge die Frage, inwiefern von dem eingebauten Verbrennungsmotor Gebrauch gemacht wird und welche Anteile über den Elektromotor abgedeckt werden können. Während die Ladehäufigkeit bei den BMW i3 Fahrzeugen bei rund einmal am Fahrtag liegt, laden die BMW 225xe Kunden im Durchschnitt rund 1,3 Mal am Tag (vgl. Abbildung 20).

### Mittlere Ladehäufigkeit pro gefahrenen Tag.

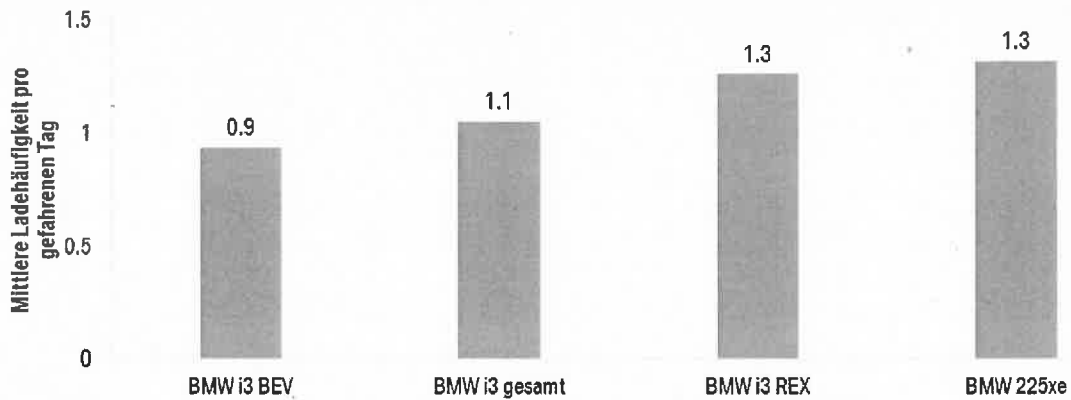


Abbildung 20: Mittlere Ladehäufigkeit pro Fahrttag im Vergleich

Viele Kunden laden ihr Fahrzeug damit sehr häufig. Nur an 12% der Fahrtage findet bei den BMW 225xe Kunden kein Ladeereignis statt (vgl. Abbildung 21). Dies zeigt eine hohe Bereitschaft der Kunden die vorhandene Ladeinfrastruktur zu nutzen, wenn die Möglichkeit gegeben ist.

### Verteilung der Ladehäufigkeit pro gefahrenen Tag.

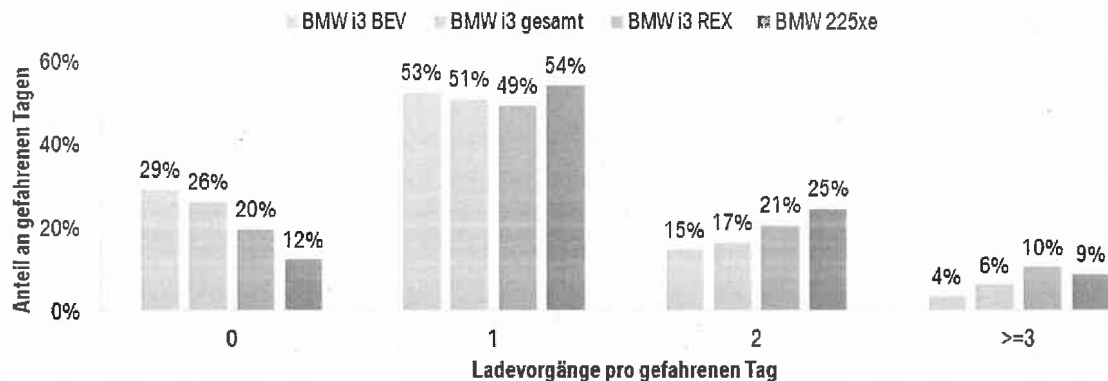


Abbildung 21: Ladehäufigkeit pro Fahrttag im Vergleich

Eine tiefere Analyse des Ladeverhaltens zeigt, dass bei den BMW i3 BEV Kunden rund 50% der Ladeereignisse bei einem SOC Stand von >50% stattfinden, einige Kunden demnach ihr Fahrzeug immer einstecken, wenn sie die Möglichkeit dazu haben (vgl. Abbildung 22). Die BMW 225xe PHEV Kunden fahren den im Vergleich kleineren Speicher häufiger leer, weshalb gut ein Drittel aller Ladevorgänge mit einer nahezu leeren Batterie beginnen.

### Verteilung des SOC bei Ladebeginn.

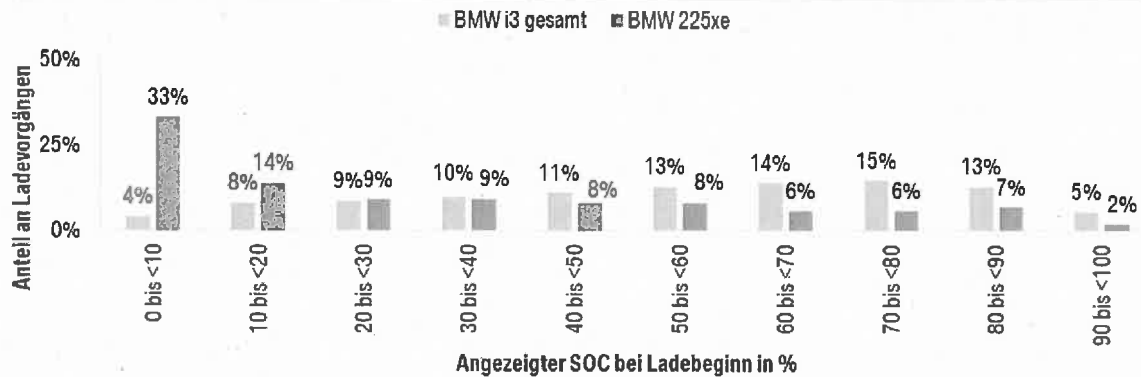


Abbildung 22: Verteilung des SOC bei Ladebeginn im Vergleich

Insgesamt gab es keinen PHEV-Privatkunden, der sein Fahrzeug während des Feldversuchs niemals geladen hat. Der Längsschnittcharakter der Untersuchung zeigte auch, dass dies ein weitgehend stabiles Nutzungsverhalten war, welches sogar im Verlauf der Monate noch leicht zulegte. Auf Basis der Ladeverhaltensdaten kann abgeleitet werden, dass es ein starkes Interesse der Privatnutzer gibt, die elektromotorische Komponente zu nutzen. Aus Kundensicht sind dabei verringerte Kraftstoffkosten und verringerte lokale Emissionen wesentliche Vorteile.

Die mögliche Nutzung des elektrischen Fahrtanteils wurde dabei wie bei allen batterieelektrischen Fahrzeugen durch die Abhängigkeit der elektrischen Reichweite von den Außentemperaturen eingeschränkt. Dieser physikalisch begründete Effekt, kann auch durch Maßnahmen wie die Vorkonditionierung des Fahrzeuginnenraums und der Batterie nicht völlig ausgeglichen werden.

### Verteilung der elektrischen Reichweite bei voller Batterie über Außentemperatur (n=19)

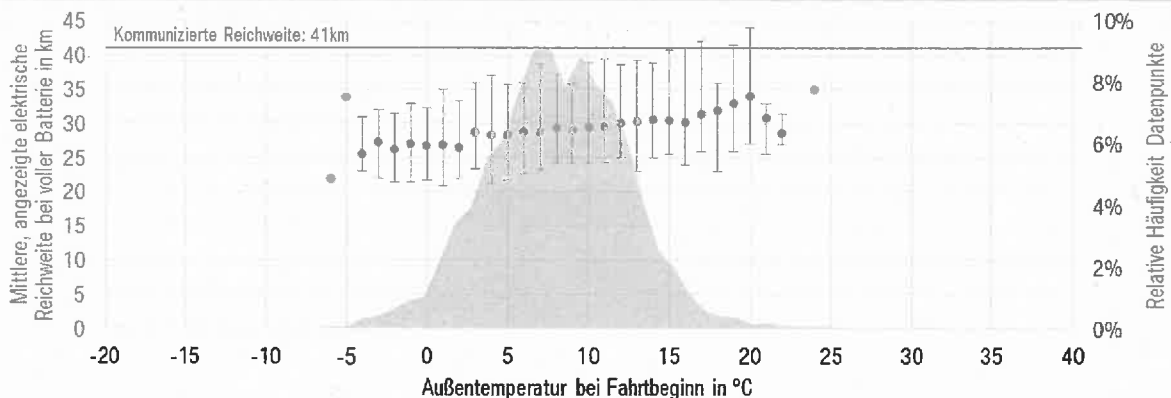


Abbildung 23: Verteilung der elektrischen Reichweite in Abhängigkeit von den Außentemperaturen BMW 225xe

In Abbildung 23 sieht man beispielhaft die den Fahrern angezeigten elektrischen Reichweiten in Abhängigkeit von der Außentemperatur (grau hinterlegt) bei den PHEV Fahrzeugen. Die blauen Punkte geben dabei den Mittelwert der angezeigten Reichweiten an. Die Spannweite zeigt die Streuung der Werte an. Diese resultiert vorwiegend aus dem individuellen Fahrverhalten, welches in die Berechnung

des Reichweitenalgorithmus eingeht und sich bei defensiver Fahrweise positiv und bei sportlicher Fahrweise entsprechend negativ auf die mögliche angezeigte elektrische Reichweite auswirkt. Während bei Außentemperaturen von 15 Grad Celsius und höher durchaus elektrische Reichweiten von 40 km und mehr bei defensiver Fahrweise möglich sind, sind gerade bei Außentemperaturen von unter 5 Grad Celsius die elektrischen Reichweiten im Mittel um rund 8 km geringer.

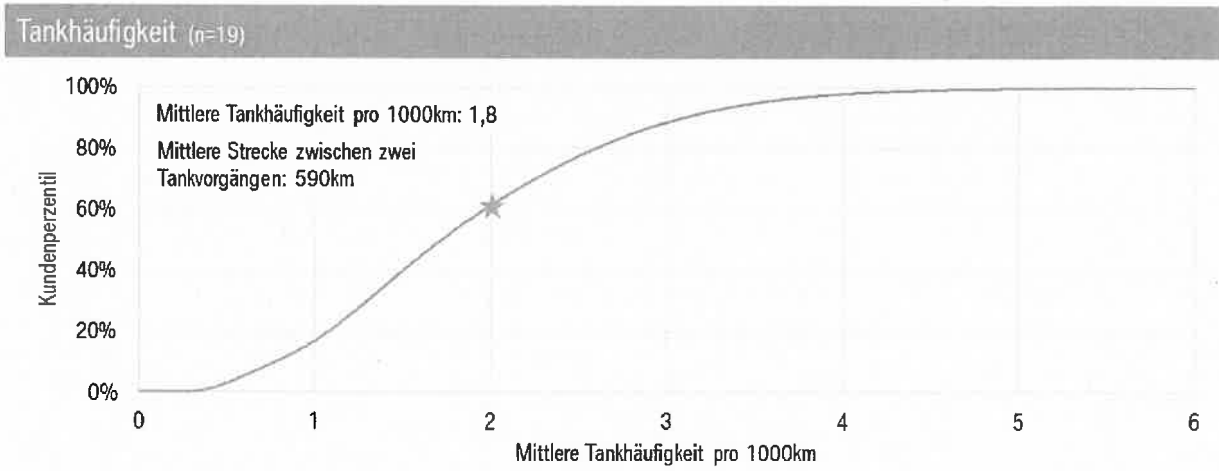


Abbildung 24: Tankhäufigkeit pro 1000 km BMW 225xe

Dies wirkt sich auch entsprechend auf die Tankhäufigkeit aus. Der Tank des BMW 225xe fasst rund 36l. Die mittlere Tankhäufigkeit der Kunden im Projekt beträgt rund 1,8 Mal pro 1000 Kilometer, was wiederum einer mittleren Strecke zwischen zwei Tankvorgängen von rund 590 km entspricht.

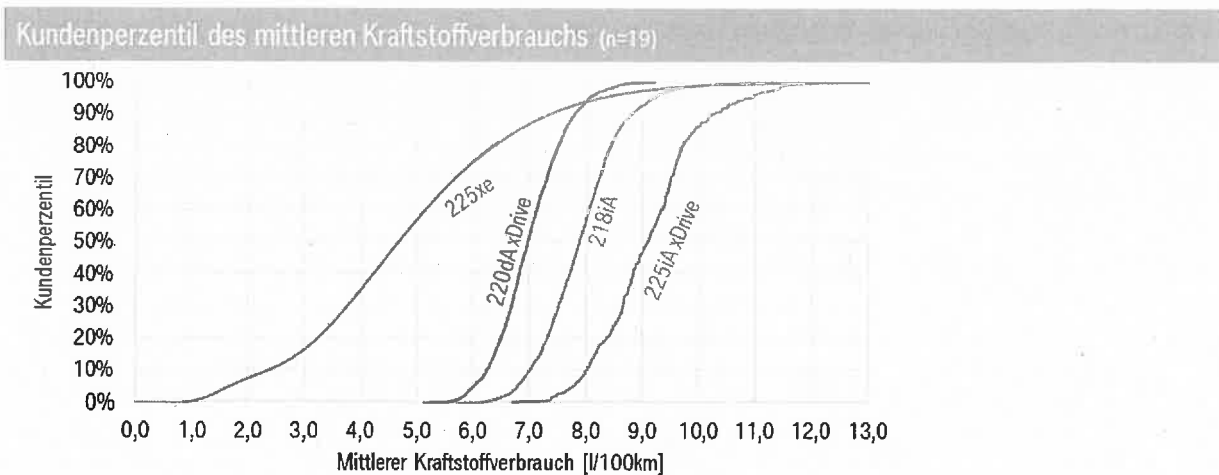


Abbildung 25: Mittlerer Kraftstoffverbrauch BMW 225xe

Aufgrund des intensiven Ladeverhaltens der Kunden ergeben sich im Mittel insgesamt deutlich niedrigere Verbrauchswerte der BMW 225xe Fahrzeuge zum Beispiel im Vergleich zu einem 225iA xDrive Verbrenner, der eine ähnliche Performance wie der BMW 225xe aufweist (vgl. Abbildung 25). Auffällig ist auch die deutliche flachere Steigung der Kurve des BMW 225xe im Vergleich zu den alternativen Verbrennermodellen 220dA xDrive, 218iA und 225iA. Durch das individuelle Ladeverhalten sowie die situationsabhängige Wahl der Betriebsmodi MAX eDrive, AUTO eDrive und SAVE Battery haben die PHEV Kunden deutlich mehr Möglichkeiten zur Verfügung, den

Kraftstoffverbrauch zu reduzieren. Dies wirkt sich in Extremfällen teilweise in mittleren Kraftstoffverbräuchen von unter 2l/100km aus. Damit bietet sich ein guter Ansatzpunkt, um in zukünftigen Fahrzeuggenerationen die Kunden durch eine geeignete Informations- und Entwicklungspolitik darin zu unterstützen, ihre individuellen Kraftstoffverbräuche weiter zu reduzieren.

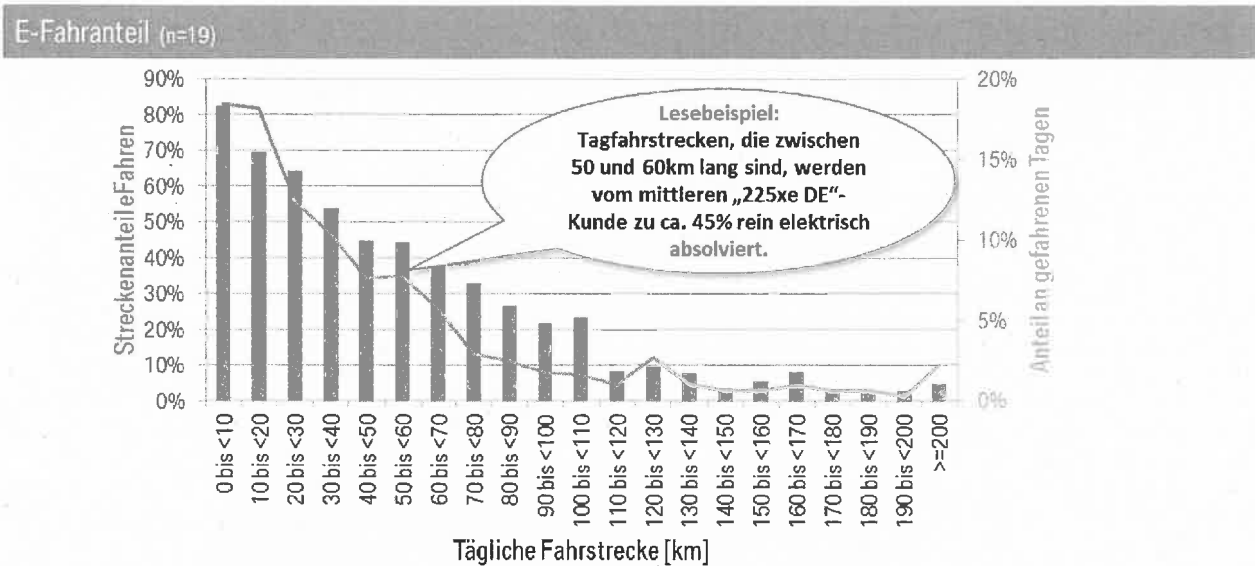


Abbildung 26: E-Fahranteil BMW 225xe

Dass die aktuell verbauten Betriebsstrategien wie der AUTO eDrive Modus bereits gut funktionieren, wird in Betrachtung von Abbildung 26 deutlich. So konnten bereits heute im Projekt auf kürzeren Tagfahrstrecken bis zu 20 km zwischen 70% bis 80% E-Fahranteil realisiert werden. Bei Tagfahrstrecken zwischen 50 und 60km Länge werden immer noch 45% der Streckenanteile im Durchschnitt rein elektrisch absolviert. Im Zuge zukünftig steigender Batteriekapazitäten und weiter optimierter Betriebsstrategien sind hier noch weitere Optimierungspotenziale zu erwarten.

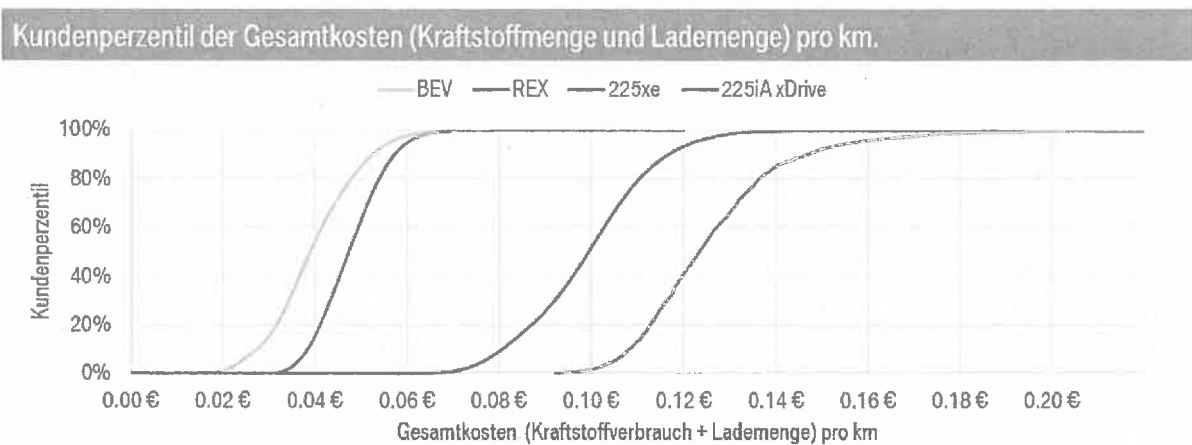


Abbildung 27: Vergleich Gesamtkosten pro km.

In Abbildung 27 ist ein Vergleich der Gesamtkosten bzgl. des Kraftstoffverbrauchs und des elektrischen Energiebedarfs dargestellt. Dabei wurde bei der Kostenermittlung für den jeweiligen mittleren

Kraftstoffverbrauch ein Benzinpreis von 1,40€/l angenommen. Der mittlere Energiebedarf wurde aus dem Quotient der Nachlademenge (angenommener mittlerer Ladewirkungsgrad: 85%) und der gesamten gefahrenen Strecke je Kunde bestimmt. Für die daraus resultierenden Kosten wurde ein Strompreis von 0,30€/kWh angesetzt. Die Gesamtkosten ergeben sich schließlich aus der Summe der Kosten für Benzin und Strom. Der Vergleich zeigt, dass mit wachsendem Elektrifizierungsgrad die Gesamtkosten für Strom und Benzin deutlich gesenkt werden können.

In Abbildung 28 sind die Kosten der verschiedenen Antriebskonzepte noch einmal tabellarisch zusammengefasst. Dabei kommen die i3 BEV Kunden auf durchschnittliche Kosten von 4,0ct pro km, bei den i3 REX Kunden ergeben sich ca. 4,8ct je km und bei den 225xe Kunden 9,9ct pro km. Gegenüber dem konventionellen Modell 225iA xDrive sparen sich die 225xe Kunden ca. 2,7ct je km.

| Überblick über Verbräuche und Gesamtkosten. |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                             | BMW i3                                                                            | BMW i3 mit Range Extender                                                         | BMW 225xe                                                                           | BMW 225iA xDrive                                                                    |
|                                             |  |  |  |  |
| Antriebsleistung in kW                      | 125                                                                               | 125                                                                               | 165                                                                                 | 170                                                                                 |
| Mittl. Kraftstoffverbrauch in l/100km       | 0,0                                                                               | 0,6                                                                               | 4,4                                                                                 | 9,0                                                                                 |
| Mittl. Energiebedarf in kWh/100km:          | 13,2                                                                              | 13,2                                                                              | 12,4                                                                                | 0,0                                                                                 |
| Kosten Benzin (1,40 €/l) in ct pro km       | 0,0                                                                               | 0,8                                                                               | 6,2                                                                                 | 12,6                                                                                |
| Kosten Strom (0,30€/kWh) in ct pro km       | 4,0                                                                               | 4,0                                                                               | 3,7                                                                                 | 0,0                                                                                 |
| Gesamtkosten in ct pro km                   | 4,0                                                                               | 4,8                                                                               | 9,9                                                                                 | 12,6                                                                                |

Abbildung 28: Überblick über Verbräuche und Gesamtkosten

#### 4. Wesentliche Abweichungen zum Arbeitsplan

Es gab für die von der BMW Group verantworteten Projekteinhalte keine signifikanten Abweichungen zum Arbeitsplan. Nur die Vermessung von PHEV Privatkunden in Deutschland konnte nicht wie geplant in 2015 gestartet werden. Anders als zur Antragstellung angenommen, erfolgte die Einführung des ersten BMW PHEV für einen breiten Kundenkreis in Deutschland zu 12/15 mit dem Fahrzeugmodell BMW X5 xDrive40e sowie dem BMW 330e und BMW 225xe erst in Q1/2016. Damit konnte die repräsentative Auswahl von PHEV Fahrzeugen sowie im Anschluss deren Aufrüstung mit Messtechnik erst zu Q3/2016 beginnen, da die Auslieferung der Fahrzeuge abgewartet werden musste. Als weitere Folge konnte die 12-monatige Vermessung (zur Abdeckung der Außentemperaturbereiche im Jahresverlauf) nicht bis zum beantragten Projektende abgeschlossen werden. Um die wesentlichen Erkenntnisse trotzdem erzielen zu können, wurde die geplante Projektlaufzeit um 5 Monate verlängert und endete somit am 30.5.2017.

## 5. Vergleich der Ergebnisse von PREMIUM mit dem internationalen Stand der Technik

Die Ergebnisse von PREMIUM sind vor dem aktuellen Hintergrund der Diskussionen um lokale Emissionen in Deutschland nach wie vor als hochaktuell anzusehen. Die Tatsache, dass hier mit einer einheitlichen Methodik eine sehr große Stichprobe von realen Käufern von BEV, REX und PHEV-Fahrzeugen untersucht werden konnte und auch hinsichtlich der Nutzungskategorien Privatnutzung und Flottennutzung unterschieden werden kann, lässt das PREMIUM Projekt gegenüber alternativen Projekten, die immer nur einen Teil des Komplexes untersuchen, besonders hervorstechen. Insbesondere die Erhebung zum Nutzungsverhalten von PHEV-Fahrzeugen in Deutschland füllt eine bedeutende Wissenslücke in der aktuellen Diskussion. Die hervorragende Kooperation der involvierten, renommierten Partner hat eine Fülle an Forschungsmaterial hervorgebracht, welches innerhalb der BMW Group vor dem Hintergrund der bereits absolvierten Forschungsprojekte ihresgleichen sucht.

## 6. Zukunftsaussichten und weiterer F&E Bedarf

Die BMW Group ist aufgrund Ihres differenzierten aktuellen Produktangebotes elektrifizierter Fahrzeuge sehr gut für die Zukunft aufgestellt. Es werden weiterhin massive Anstrengungen unternommen, den Vorsprung der BMW Group bei der Elektromobilität zu sichern. So hat die BMW Group auf der IAA 2017 den Start von 25 elektrischen Modellen (13 PHEV und 12 BEV Modellen) bis 2025 angekündigt.<sup>1</sup>

Der Markterfolg der Elektromobilität ist jedoch nicht allein vom Produktangebot der Hersteller abhängig. Die Erhöhung der e-Reichweiten für elektrifizierte Fahrzeuge wird auf Basis der Erkenntnisse der vorliegenden Studie zu einem höheren Anteil der elektrischen Fahranteile insbesondere bei den PHEVs führen. Parallel müssen gemeinsam mit der Politik die Rahmenbedingungen für den erforderlichen Ausbau öffentlicher Ladeinfrastruktur und für Anreizsysteme zur Steigerung der Kundennachfrage geschaffen werden. Die Steigerung der Verfügbarkeit und problemlosen Nutzung (Zugang, Abrechnung) von öffentlicher Ladeinfrastruktur ist geeignet, das Ladeverhalten der Kunden weiter positiv zu entwickeln, da schon jetzt eine gute Basis für mehrfaches Laden bei den Kunden gegeben ist. So ist beispielsweise eine Incentivierung der Ladehäufigkeit vor allem für PHEV Fahrzeuge geeignet, um den Anteil elektrischer Fahrstrecken in der Gesamtbilanz zu steigern. Das PREMIUM Projekt und weitere Förderprojekte haben dabei den strategischen Grundstein für ein verbessertes Verständnis der Kundenanforderungen gelegt und bilden somit die Basis für eine optimierte Produktgestaltung und die weitere Ausgestaltung der politischen Rahmenbedingungen für einen erfolgreichen Markthochlauf der Elektromobilität.

---

<sup>1</sup> <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0274210EN/statements-by-harald-krueger-chairman-of-the-board-of-management-of-bmw-ag-and-klaus-froehlich-member-of-the-board-of-management-of-bmw-ag-development-iaa-preview-2017?language=en>



Das PREMIUM Projekt hat jedoch einige neue Fragen aufgeworfen, für die F&E Bedarf besteht:

- Es konnte zwar das Nutzungsverhalten von PHEVs im Besitz von Privatanutzern untersucht und dabei ein erfreulich aktives Ladeverhalten und großes Interesse am Kraftstoffeinsparpotenzial dieser Technologie festgestellt werden, allerdings konnte das Nutzungsverhalten von PHEVs in Unternehmensflotten nicht betrachtet werden.
- Der Wunsch vieler PHEV Privatkunden, möglichst viel elektrisch unterwegs zu sein, kann durch geeignete Infrastruktur- und Fahrzeugkonzepte weiter unterstützt werden. Hier bietet sich eine Untersuchung an, welche Technologien und Informationskonzepte für die Kunden am wirksamsten sind.
- Weiterhin wurde deutlich, dass die untersuchten deutschen Privatkunden von elektrifizierten BMW Fahrzeugen zu über 95% über eine feste Ladestation (entweder zu Hause oder an der Arbeit) verfügen. Das zeigt deutlich, dass für die Mehrheit der Laternenparker mit der aktuellen öffentlichen Ladeinfrastruktur weder BEV- noch PHEV- Konzepte besonders attraktiv sind. Hier müssten für den Start des Massenmarktes Lösungen geschaffen werden, die den unterschiedlichen Fahrzeugkonzepten (z.B. bei der Batteriegröße) und den Kundenbedürfnissen Rechnung tragen.

## **7. Beitrag zu den förderpolitischen Zielen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)**

Um die ambitionierten Ziele der Bundesregierung hinsichtlich der Verbreitung der Elektromobilität erreichen zu können, müssen elektrifizierte Fahrzeuge weiterhin attraktiv absetzbar sein. Hierfür müssen die Hersteller vorhandene Marktpotenziale identifizieren und auf dieser Basis eine sinnvolle Einordnung elektrifizierter Fahrzeuge in ihr Portfolio vornehmen können. Es gilt, den Kundenwert elektrifizierter Fahrzeuge zu maximieren, indem optimale Pfade hinsichtlich Fahrzeugausprägung und Implementierung energiebedarfssenkender Maßnahmen eingeschlagen werden. Hierfür ist die Kenntnis des realen Fahr- und Nutzungsverhaltens solcher Fahrzeuge unabdingbar, um in Kundenhand maximal effiziente Fahrzeuge in einem langfristig wettbewerbsfähigen Umfeld anbieten zu können, wodurch die nötige Kundenakzeptanz und damit Marktdurchdringung erreicht wird. Darüber hinaus ist der Nachweis der realen CO<sub>2</sub>-Wirksamkeit der Elektromobilität sowie der gleichzeitigen Verträglichkeit mit üblichen Fahrverhaltensmustern beim Kunden ein wichtiger Bestandteil der öffentlichen Akzeptanz der eingeschlagenen, nachhaltigen Klima- und Umweltpolitik.

Im Einzelnen konnten anhand der umfangreichen Daten, die erhoben wurden, u.a. in den von der BMW Group verantworteten Arbeitspaketen folgende Themenkreise untersucht werden:

- Ermittlung des realen Energieverbrauchs repräsentativer Fahrer verschiedener elektrifizierter serienreifer Fahrzeugkonzepte.
- Aufteilung des Energieverbrauchs nach Umweltbedingungen (Umgebungstemperatur, Jahreszeit), Nutzungskontext, u.v.m.
- Ausweisen des realen Kraftstoffverbrauchs und des verbundenen Einspareffekts gegenüber nicht-elektrifizierten Fahrzeugen.
- Anforderungen an die Ladeinfrastruktur: Ladehäufigkeit, Tageszeiten der Ladevorgänge, geladene Energiemengen.

## **8. Darstellung der erfolgten oder geplanten Veröffentlichung des Ergebnisses**

Die BMW Group hat gemeinsam mit den Projektpartnern am 26.06.2017 als Konsortialführer auf einer Abschlusskonferenz des PREMIUM Projekts in der Hauptstadtrepräsentanz der BMW Group in Berlin die zentralen Projektergebnisse der Öffentlichkeit präsentiert. Die rund 50 geladenen Gäste bestanden aus Vertretern mehrerer Bundesministerien und Landesministerien, hochrangigen Mitgliedern des Deutschen Bundestags und zahlreichen politischen Stakeholdern wie ADAC, AGORA Verkehrswende, NOW GmbH, dem Forum für ökologisch-soziale Marktwirtschaft uvm., sowie den Projektpartnern und dem VDI/VDE.

Weiterhin erfolgte in der Zeitschrift „Neue Mobilität“ des Bundesverbandes für Elektromobilität eine Veröffentlichung zum Thema Elektromobile Fuhrparks. Zott et al. (2015): Elektromobile Fuhrparks ein Blick auf die Vorreiter. Erschienen in: Neue Mobilität 17/2015. S 68f.