



**BERLINER
FEUERWEHR**

Abschlussbericht

Projekt eLHF



EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

Senatsverwaltung
für Umwelt, Mobilität,
Verbraucher- und Klimaschutz

BERLIN



Vorwort

Das Projekt „Elektrisches Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeug“ (BENE-Förderkennzeichen 1213-B4-N), welches kurz als Projekt eLHF geführt wurde, ist ein durch das Berliner Programm für Nachhaltige Entwicklung (BENE) gefördertes Vorhaben. Das Programm wurde aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung kofinanziert, wodurch das Projekt eLHF direkt durch Mittel der Europäischen Union unterstützt wurde. Das Projekt startete am 06.03.2018 und erstreckte sich über eine Laufzeit von 49 Monaten bis zum 30.04.2022. Das Gesamtbudget belief sich auf 1,8 Millionen Euro.

Das übergeordnete Ziel des Projektes eLHF war die Beschaffung und die modellhafte Erprobung eines innovativen Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeugs (LHF), das mit einem elektrischen Antrieb für den Fahrbetrieb und für den Betrieb der Löschtechnik ausgestattet werden soll.

Die Umsetzung des Projektes konnte nicht allein durch die Berliner Feuerwehr erfolgen und bedingte die Unterstützung unterschiedlicher Projektpartner. An dieser Stelle gilt den nachfolgend genannten Projektpartnern ein besonderer Dank für die Unterstützung bei der Projektumsetzung.

Förderprogramm/Projektfinanzierung:



EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung



B.&S.U.
BERATUNGS- UND SERVICE-
GESELLSCHAFT UMWELT mbH

Beratung:



KOINNO
KOMPETENZZENTRUM
INNOVATIVE BESCHAFFUNG

Technische Umsetzung des Projektfahrzeuges



Ein besonderer Dank ist auch den projektbeteiligten Kolleginnen und Kollegen der Berliner Feuerwehr auszusprechen, welche mit ihrer fachlichen Unterstützung dem Projekt eLHF zum Erfolg verholfen haben.



Inhalt

Vorwort.....	2
Inhalt	3
Abbildungsverzeichnis.....	4
Tabellenverzeichnis.....	5
Diagrammverzeichnis	6
Abkürzungsverzeichnis.....	7
Zusammenfassung.....	8
1 Einleitung	9
1.1 Projektziele	10
1.2 Arbeitspakete	11
2 Innovationspartnerschaft	13
2.1 Überblick über die Innovationspartnerschaft.....	13
2.2 Ausschreibungsphase	13
2.3 Forschungs- und Entwicklungsphase	14
2.4 Leistungsphase	14
2.5 Zeitlicher Ablauf des Vergabeverfahrens.....	14
3 Technische Daten des Projektfahrzeugs	15
3.1 Allgemeine technische Daten	15
3.2 Feuerwehrtechnische Daten.....	16
4 Ladeinfrastruktur	18
4.1 Stationäres DC-Schnellladesystem	18
4.2 Batteriegepuffertes DC-Schnellladesystem	20
4.3 Erfahrungen aus der Erprobung der Ladeinfrastruktursysteme	22
5 Technische Abnahme und Probetrieb des Projektfahrzeugs.....	25
5.1 Technische Abnahmen.....	25
5.2 Probetrieb.....	29
5.3 Erprobungsphase Lehrrettungswache Mitte	30
5.4 Erprobungsphase Feuerwache Suarez	33
5.5 Erprobungsphase Feuerwache Schöneberg	37
5.6 Schwierigkeiten und Lösungen.....	40
6 Fazit	41
7 Anhänge.....	43
7.1 Berechnung Einsparpotential an Treibhausgasen zum Projektbeginn	43
7.2 Ermittlung Einsparung CO ₂ -Äquivalent im Projektzeitraum.....	45
7.3 Befragung zum Projektfahrzeug - Gesamtergebnisse der drei Feuerwachen	46



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Arbeitspakete	12
Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf Vergabeverfahren.....	14
Abbildung 3: eLHF Seitenansicht.....	15
Abbildung 4: eLHF Vorderansicht	15
Abbildung 5: Fahrzeugstruktur ohne zweite Antriebsbatterie	16
Abbildung 6: Umfeldbeleuchtung und Lichtmast	17
Abbildung 7: Mannschaftsraum mit PA-Halterungen	17
Abbildung 8: Netznachbildung mit Anschlusssteckdosen	17
Abbildung 9: Stationäres DC-Schnellladesystem, Schaltschrank mit Leistungselektronik	19
Abbildung 10: Schaltschrank mit Ladepunktsteuerung und Betriebszustandsanzeige	19
Abbildung 11: eLHF im Ladebetrieb Feuerwache Suarez	19
Abbildung 12: eLHF im Ladebetrieb Lehrrettungswache Mitte	21
Abbildung 13: Transport batteriegepuffertes Schnellladesystem.....	21
Abbildung 14: Einzelpakete des Arbeitspaket 4	25



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Allgemeine technische Daten des eLHFs	15
Tabelle 2: Feuerwehrtechnische Daten des eLHFs	16
Tabelle 3: technische Daten - stationäres DC-Schnellladesystem	20
Tabelle 4: technische Daten - Batteriegepuffertes DC-Schnellladesystem	22
Tabelle 5: Überprüfung der Katastrophenschutzfestigkeit	26
Tabelle 6: Soll / Ist - Vergleich der technischen Daten	29
Tabelle 7: Statistische Zusammenfassung des Probetriebes	30
Tabelle 8: Lehrrettungswache Mitte - 1. Einsatz	32
Tabelle 9: Lehrrettungswache Mitte - 2. Einsatz	32
Tabelle 10: Lehrrettungswache Mitte - 3. Einsatz	33
Tabelle 11: Feuerwache Suarez - 1. Einsatz	35
Tabelle 12: Feuerwache Suarez - 2. Einsatz	35
Tabelle 13: Feuerwache Suarez - 3. Einsatz	36
Tabelle 14: Feuerwache Suarez - 4. Einsatz	37
Tabelle 15: Feuerwache Suarez - 5. Einsatz	37
Tabelle 16: Feuerwache Schöneberg - 1. Einsatz	38
Tabelle 17: Feuerwache Schöneberg - 2. Einsatz	39
Tabelle 18: Feuerwache Schöneberg - 3. Einsatz	40
Tabelle 19: Probleme und Lösungen während Probetriebes	40



Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Prozentuale Verteilung der Einsatzwegstrecken im Erprobungsbetrieb auf der LRW Mitte	24
Diagramm 2: Prozentuale Verteilung möglicher Ladezeiträume im Erprobungsbetrieb auf der LRW Mitte	24
Diagramm 3: Prozentuale Verteilung der Einsatzwegstrecken im Erprobungsbetrieb auf der FW Suarez	24
Diagramm 4: Prozentuale Verteilung möglicher Ladezeiträume im Erprobungsbetrieb auf der FW Suarez	24
Diagramm 5: Prozentuale Verteilung der Einsatzwegstrecken im Erprobungsbetrieb auf der FW Schöneberg	24
Diagramm 6: Prozentuale Verteilung möglicher Ladezeiträume im Erprobungsbetrieb auf der Feuerwache Schöneberg	24



Abkürzungsverzeichnis

ABS	Antiblockiersystem (<i>anti-locking braking system</i>)
AC	Wechselstrom (<i>alternating current</i>)
ADM	automatisches Antriebsstrangmanagement (<i>automatic drivetrain management</i>)
CO ₂ -Äq	Kohlenstoffdioxid - Äquivalent
DC	Gleichstrom (<i>direct current</i>)
DLS	Druckluftschäum
EBS	elektronisches Bremssystem (<i>electronic brake system</i>)
ECE	Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (<i>Economic Commission for Europe</i>)
ESP	elektronisches Stabilitätsprogramm
FP	Feuerlöschkreiselpumpe
FPN	Feuerlöschkreiselpumpe (<i>fire pump normal pressure</i>)
GPRS	allgemeiner paketorientierter Funkdienst (<i>general packet radio service</i>)
GSM	globales System für mobile Kommunikation (<i>global system for mobiles</i>)
HZA	Hinterachszusatzlenkung
LED	lichtemittierende Diode (<i>light emitting diode</i>)
lm	Lumen
LV	Leistungsverzeichnis
NFC	Nahfeldkommunikation (<i>near field communication</i>)
PA	Pressluftatemgerät
REX	Reichweitenverlängerungssystem (<i>range extender</i>)
RFID	Radiofrequenz-Identifikation (<i>radio frequency identification</i>)
SOC	Ladezustand des Hochvolt-Batteriespeichers (<i>state of charge</i>)



Zusammenfassung

Das auf rund 4 Jahre angelegte Projekt eLHF endete mit einem 13-monatigem Probetrieb auf drei Feuerwachen im Berliner Stadtgebiet. Der Projektumfang umfasste die Beschaffung eines elektrisch angetriebenen Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeuges inklusive der für den Betrieb notwendigen Ladeinfrastruktur. Die Finanzierung erfolgte zu 90 % durch Fördermittel. 50 % des Projektbudgets stammten aus dem Fonds für regionale Entwicklung der Europäischen Union und 40 % aus Fördermitteln der Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz. Die Berliner Feuerwehr beteiligte sich mit einem Anteil von 10% aus eigenen Haushaltsmitteln an den Projektkosten. Die Erprobung hat gezeigt, dass sich das entwickelte Fahrzeugkonzept im Zusammenspiel mit der am Markt verfügbaren Ladeinfrastruktur in den Einsatzdienst der Berliner Feuerwehr integrieren lässt. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Nutzung des eLHF im Vergleich zu einem konventionell angetriebenen Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeug eine deutliche Reduzierung des Kraftstoffverbrauches im Regeleinsatzdienst ermöglicht. Damit kann unter konsequenter Verwendung von regenerativ erzeugtem elektrischen Strom für den Fahr- und Einsatzstellenbetrieb der Ausstoß von Treibhausgasen deutlich gemindert werden. Im Erprobungszeitraum wurden mit dem Projektfahrzeug im Einsatzdienst 10,3 t CO₂-Äq im Vergleich zu einem konventionell angetriebenen Löschfahrzeug eingespart. Die Erfahrungen aus dem Projekt lassen Einsparpotenziale auf insgesamt mehr als 16 t CO₂-Äq je Betriebsjahr und Fahrzeug erwarten. Neben einem hohen rein elektrischen Betriebsanteil konnte das Projektfahrzeug durch eine katastrophenschutzfeste Konzeptionierung überzeugen. Insbesondere mit Blick auf einen möglichen flächendeckenden Stromausfall ist das Fahrzeugkonzept unter Einbeziehung der verfügbaren Katastrophenschutzinfrastruktur uneingeschränkt einsetzbar.



1 Einleitung

Über eine Million Notrufe jährlich und deutlich mehr als 1.000 Einsätze täglich belegen, in welchem erheblichen Umfang die Berliner Feuerwehr gefordert ist, wenn es um die Sicherheit der Bürgerinnen und Bürger der Stadt geht. Allein 2020 wurde sie über 29.000 Mal zu Brandeinsätzen und technischen Hilfeleistungen gerufen. Dabei werden für die Brandbekämpfung, die Notfallrettung, die technische Hilfeleistung und den Katastrophenschutz rund 350 Fahrzeuge eingesetzt, die schwerer als 7,5 t sind. Es handelt sich um sehr speziell ausgestattete und in besonderem Maße Belastungen ausgesetzte Fahrzeuge. Sie sind der Schlüssel für die Dienstleistung an den Bürgerinnen und Bürgern, im täglichen Einsatzgeschehen, bei großen Schadensereignissen oder im Katastrophenfall. Ohne diese Fahrzeuge wäre die Sicherheit Berlins nicht vollumfänglich leistbar und dies gilt für alle Regionen Deutschlands.

Sowohl die Bundesregierung als auch das Land Berlin haben mit ihren Programmen zur Elektromobilität einen besonderen Fokus daraufgelegt, die Entwicklung und Forschung zu elektrischen Antrieben voranzubringen. Elektromobilität wird in diesem Zusammenhang als eines der zentralen Handlungsfelder beschrieben. Im Kontext der Nutzfahrzeuge stellen die Feuerwehrfahrzeuge ein Nischenprodukt dar und stehen damit nicht im Fokus der Entwicklungsarbeit der Großserienhersteller.

Den überwiegenden Anteil an schweren Einsatzfahrzeugen im Gesamtportfolio der Feuerwehren bilden die Löschfahrzeuge. 200 der rund 350 in Berlin eingesetzten Fahrzeuge mit mehr als 7,5 t zulässiger Gesamtmasse gehören zu der Gruppe der Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeuge (LHF). Diese sind im gesamten Stadtgebiet verteilt stationiert und bilden die technische Basis bei Brandeinsätzen und technischen Hilfeleistungen. Angetrieben werden die Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeuge derzeit durch dieselbetriebene Verbrennungsmotoren, die neben dem Fahrbetrieb auch den Betrieb der Feuerlöschkreiselpumpe gewährleisten. Diese Pumpen verlangen dem Verbrennungsmotor eine hohe Leistung ab, die in der Folge einen hohen Schadstoffausstoß mit sich bringt und zu einer erheblichen Lärmbelastung am Einsatzort führt. Mit Blick auf den nicht unerheblichen Kohlenstoffdioxid- und Stickoxidausstoß von dieselbetriebenen Fahrzeugen werden zukünftig auch Feuerwehrfahrzeuge, gerade in den urbanen Gebieten mit den erhöhten Anforderungen an den Schadstoffausstoß konfrontiert. Um den Kohlenstoffdioxid- und Stickoxidausstoß von Feuerwehrfahrzeugen drastisch senken zu können, ist eine Nutzung innovativer, emissionsarmer Antriebe unumgänglich. Der Einsatz von Elektromotoren bietet sich in diesem Zusammenhang an und ermöglicht im Zusammenspiel mit einem geeigneten Energiespeicher eine passende Alternative. Auf Grund fehlender Erfahrungen mit einem elektrifizierten Antriebskonzept für Hilfeleistungslöschfahrzeuge war es erforderlich, die Integration solch eines Antriebskonzeptes in den einsatztechnischen Ablauf intensiv zu erproben.



1.1 Projektziele

Das Projektziel der Berliner Feuerwehr war es, einen innovativen und nachhaltigen Beitrag für den Umweltschutz zu leisten und die Fahrzeugtechnik im Segment der Feuerwehr Einsatzfahrzeuge auf die zukünftigen Bedürfnisse der Einsatzkräfte anzupassen. Die Berliner Feuerwehr als öffentliche Auftraggeberin sah sich dabei in der Verantwortung, ihre besondere Marktstellung gewissenhaft einzusetzen und im Rahmen des Projekts den Wettbewerb im Bereich der innovativen Elektro- bzw. Hybridnutzfahrzeuge zu forcieren. Des Weiteren sollte durch die Einführung der Elektromobilität bei der größten und ältesten Berufsfeuerwehr Deutschlands eine Signalwirkung für die Wirtschaft und andere öffentliche Auftraggeber erreicht werden. Die nachfolgend aufgeführten Projektziele beschreiben die Kernthemen des Projektes, die es zu optimieren galt, ohne bei dem technischen Einsatzwert im Vergleich zu konventionellen Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeugen Einschränkungen zu erfahren.

Reduzierung von Treibhausgasemissionen

Als Zielindikator für die Reduzierung von Treibhausgasen ist zum Projektstart ein Potenzial von 14,7 t CO₂-Äq im Jahr gegenüber einem konventionellen mit Dieselkraftstoff angetriebenen Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeugs ermittelt worden. Basis hierfür war der Anspruch, die Einsätze im Regeleinsatzdienst (täglich übliches Einsatzspektrum in der Stadt Berlin) in mindestens 80 % aller Fälle in einem rein elektrischen Betriebsmodus darzustellen. Die Einsparungen sollten dazu führen, den Dieselkraftstoffverbrauch auf unter 20 % im Vergleich zu einem konventionell angetriebenen Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeug zu reduzieren. Das Potenzial zur Treibhausgasreduzierung ergab sich über diese Kraftstoffreduzierung und der durchgeführten Well to Wheel Betrachtung (Anhang 7.1 Berechnung). Voraussetzung zur Erreichung dieser Treibhausgasreduzierung war die konsequente Nutzung von regenerativ erzeugter elektrischer Energie für den Fahrstrom.

Katastrophenschutzfeste Konstruktion

Die Berliner Feuerwehr als kritische Infrastruktur ist eine der Kernkomponenten des Katastrophenschutzes im Land Berlin. Um den sich daraus ergebenden Anforderungen an eine resiliente Fahrzeugtechnik gerecht zu werden, war es das Ziel, die Antriebstechnik so zu gestalten, dass das Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeug unter der aktuell vorhandenen Katastrophenschutzinfrastruktur uneingeschränkt nutzbar ist. Das Auslegungsszenario war zum Projektbeginn ein langanhaltender, flächendeckender Stromausfall in der Region Berlin/Brandenburg.

Lärmreduzierung

In den letzten Jahren und Jahrzehnten gab es weitreichende Verbesserungen im Bereich der erzeugten Lärmemissionen von schweren, konventionell angetriebenen Nutzfahrzeugen. Die Nutzung von elektrischen Antrieben bei diesen Fahrzeugen versprach weitere Potenziale zur Reduzierung des innerstädtischen Verkehrslärms, die bei der Entwicklung des Projektfahrzeugs im Fokus standen. Neben der innerstädtischen Verkehrslärmreduzierung stand die Geräuschkulisse an Einsatzstellen im Blickpunkt. Jegliche Reduzierung von Lärm an stark belastenden Einsatzstellen lässt eine Minderung des Stresslevels zu oder mindestens ein unnötiges Erhöhen der Anspannung durch Fahrzeuflärm, der am Einsatzort befindlichen Einsatzkräfte erwarten.

Verbesserungen im betrieblichen Gesundheitsschutz

Die Gestaltung konventioneller Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeuge in Europa ist durch die Verwendung von Großserienfahrzeugen geprägt. Dies hat zur Folge, dass sich einsatzdienstspezifische Anforderungen der Feuerwehren nicht optimal umsetzen lassen. Insbesondere ergonomische Bedürfnisse stellen bei konventionellen Lösch- und



Hilfeleistungsfahrzeugen oftmals nur einen Kompromiss aus der gegebenen Fahrgestellarchitektur und Wünschen, die dem Gesundheits- und Arbeitsschutzgedanken entspringen, dar. Durch die Verwendung von elektrischen Antrieben ergeben sich neue Gestaltungsmöglichkeiten für die Fahrzeugarchitektur und damit für die Umsetzung der feuerwehrspezifischen Anforderungen. Auch die Reduzierung des Schadstoffausstoßes hat einen direkten Einfluss auf den betrieblichen Gesundheitsschutz an der Einsatz- und der örtlichen Dienststelle.

Verbesserung der Fahrsicherheit und Fahrdynamik

Erfahrungen der Berliner Feuerwehr aus innerstädtischen Verkehrsunfällen zeigen, dass sich die schwerwiegenden Verkehrsunfälle, in die Einsatzfahrzeuge involviert sind, in der Verteilung der Unfallszenarien zu üblichen Verkehrsunfällen unterscheiden. Ziel des Projektes war es auch, diese Erkenntnisse bei der Gestaltung des Projektfahrzeugs mit zu berücksichtigen. Innerstädtische Einsatzfahrten mit Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeugen sind von sehr dynamischen Beschleunigungskräften geprägt. An diese Fahrzeuge werden hohe Anforderungen an die Anfahrbeschleunigung und das Verzögerungsvermögen bei Gefahrenbremsungen gestellt. Die elektrischen Antriebe versprachen durch die großen Drehmomentleistungen sehr gute Leistungswerte in der Anfahrbeschleunigung. Die neuen Gestaltungsmöglichkeiten in der Fahrzeugarchitektur und die damit einhergehende Verschiebung des Fahrzeugschwerpunktes ließen in puncto Fahrsicherheit bei hohen Querbeschleunigungen weitere Vorteile erwarten.

Verbesserung der Kommunikation

Die Ausstattung der Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeuge mit zusätzlichen feuerwehrtechnischen Geräten und persönlicher Schutzausrüstung im Mannschaftsraum der Fahrzeuge, gepaart mit nur geringen strukturellen Möglichkeiten zur Schaffung von Kommunikationsöffnungen in den Serien-Fahrzeugkabinen führten in der Vergangenheit dazu, dass die Kommunikation zwischen der Mannschaft und dem Einheitsführer deutlich an Qualität verlor. Auch hier sollten die Möglichkeiten zur Anpassung der Fahrzeugarchitektur durch eine neue Antriebstechnologie genutzt werden, um den für den Einsatzverlauf wichtigen Informationsaustausch auf der Anfahrt zur Einsatzstelle zu verbessern.

1.2 Arbeitspakete

Das Projekt eLHF wurde außerhalb der regulären Beschaffungsprozesse in einer eigenen Projektstruktur bearbeitet. Die Projektleitung wurde durch den Zentralen Service Technik und Logistik der Berliner Feuerwehr gestellt. Alle notwendigen Fachbereiche wurden im Rahmen ihrer Zuständigkeiten in die jeweiligen Arbeitspakete (AP) einbezogen, um einen möglichst effizienten und dem Zeitplan entsprechenden Ablauf gewährleisten zu können. Das Projekt wurde in die nachfolgenden Arbeitspakete gegliedert.

AP 1: Ausschreibung einer Innovationspartnerschaft zur Gewinnung eines geeigneten Projektpartners für die Entwicklung und Fertigung des Projektfahrzeugs

Das Arbeitspaket war von einer Anforderungsanalyse und der Erstellung der notwendigen Vergabeunterlagen inklusive einer Leistungsbeschreibung für den Bau eines innovativen Löschfahrzeugs geprägt. Ziel war es, in einem Teilnahmewettbewerb ein geeignetes Unternehmen zu akquirieren, welches im Rahmen einer Innovationspartnerschaft die Entwicklung und die Fertigung des Löschfahrzeugs übernimmt. Das Arbeitspaket wurde durch die Vergabestelle und dem Referat Technik und Logistik des Zentralen Service der Berliner Feuerwehr bearbeitet.



AP 2: Entwicklung und Fertigung des Projektfahrzeugs

Im Rahmen des Vergabeverfahrens zur Innovationspartnerschaft aus dem AP 1 konnte die Firma Rosenbauer Deutschland GmbH für die Entwicklung und Fertigung des Projektfahrzeugs als Auftragnehmer gewonnen werden. Die Verantwortung für die Umsetzung dieses Arbeitspaketes übernahm die Firma Rosenbauer E-Technology Development GmbH. Beide Unternehmen sind Bestandteil der Rosenbauer International AG.

AP 3: Beschaffung und Inbetriebnahme geeigneter Ladeinfrastruktur

Bis zum Projektstart verfügte die Berliner Feuerwehr über keine praktischen Erfahrungen im Bereich der Ladeinfrastruktur für elektrisch angetriebene Fahrzeuge. Auch die Zuständigkeiten für die Beschaffung dieser elektrischen Anlagen war noch nicht eindeutig fixiert. Auf Grund der technischen Nähe zur Antriebstechnologie von Elektrofahrzeugen hat der Bereich Technik und Logistik die Leitung dieses Arbeitspaketes übernommen. Die Umsetzung der Installation und Inbetriebnahme erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Gebäudemanagement des Zentralen Service der Berliner Feuerwehr.

AP 4: Integration und Erprobung

Das Arbeitspaket 4 stand unter der Leitung des Bereiches Technik und Logistik des Zentralen Service der Berliner Feuerwehr. Neben der Erarbeitung des Testverfahrens, der Durchführung der technischen Abnahmen und der Erstellung des Abschlussberichtes wurde dieses Arbeitspaket maßgeblich durch den 13-monatigen Probetrieb geprägt. Die Durchführung des Probetriebes erfolgte auf der Lehrrettungswache Mitte (Einsatzbereich 7), der Feuerwache Suarez (Einsatzbereich 3) und der Feuerwache Schöneberg (Einsatzbereich 4).

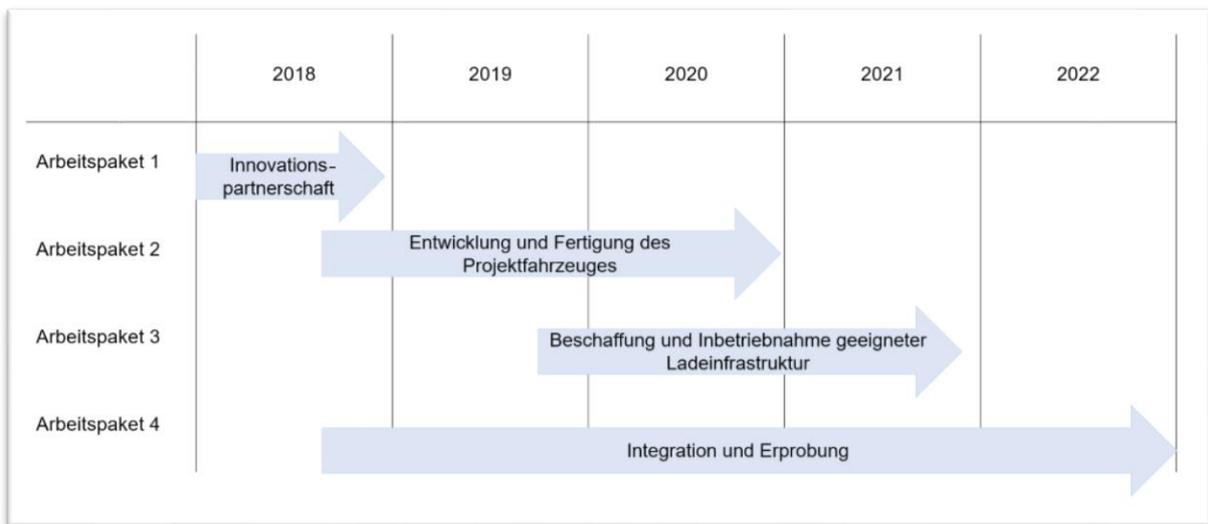


Abbildung 1: Arbeitspakete

2 Innovationspartnerschaft

2.1 Überblick über die Innovationspartnerschaft

Die Innovationspartnerschaft wurde mit der Vergaberechtsreform im Jahr 2016 als neue Verfahrensart eingeführt.

Die Innovationspartnerschaft ist ein spezielles Vergabeverfahren zur Entwicklung innovativer, noch nicht auf dem Markt verfügbarer Liefer-, Bau- oder Dienstleistungen und zum anschließenden Erwerb der daraus hervorgehenden Leistungen. Damit ist die Innovationspartnerschaft das einzige Vergabeverfahren, das sowohl die Entwicklung einer innovativen Leistung als auch den Erwerb einer innovativen Leistung beinhaltet. Die Einzelheiten des Verfahrens sind in § 19 Vergabeverordnung (VgV) geregelt.

Die Innovationspartnerschaft lässt sich in folgende Phasen gliedern:

- Ausschreibungsphase
- Forschungs- und Entwicklungsphase
- Leistungsphase

2.2 Ausschreibungsphase

Nach einer intensiven Markterkundungsphase, in der festgestellt wurde, dass ein derartiger Antrieb für ein Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeug nicht marktreif vorhanden ist und einer offenen Gesprächsrunde mit möglichen Anbietern, erfolgte die Ausschreibung im Rahmen eines EU-weiten Verhandlungsverfahrens mit öffentlichem Teilnahmewettbewerb. Damit hatte jedes interessierte Unternehmen der Europäischen Union die Möglichkeit, einen Teilnahmeantrag elektronisch auf der Vergabepattform Berlin einzureichen.

In einem ersten Schritt wurden in der Auftragsbekanntmachung die Anforderungen an die Eignung der Unternehmen veröffentlicht. Darüber hinaus wurden in den Vergabeunterlagen die Mindestanforderungen an das Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeug mit innovativem Antriebskonzept bekanntgegeben.

Nach Ablauf der Teilnahmefrist konnte nur ein Teilnahmeantrag verzeichnet werden, sodass nach eingehender Prüfung der Eignung ein Unternehmen zur Abgabe eines Erst-Angebotes aufgefordert wurde.

Im Anschluss verhandelte die Berliner Feuerwehr über das einzige eingereichte Erst-Angebot eines Bieters, mit dem Ziel, offene Fragen zu klären sowie das Angebot inhaltlich und preislich zu verifizieren.

Nach der Abgabe des finalen Angebotes durch den Bieter und der fachtechnischen Prüfung durch den Fachbereich wurde durch die Zentrale Vergabestelle der Berliner Feuerwehr zeitnah der Zuschlag an den Innovationspartner, die Firma Rosenbauer erteilt. Mit der Zuschlagserteilung konnte mit dem Entwicklungsprozess begonnen werden.



2.3 Forschungs- und Entwicklungsphase

In der Forschungs- und Entwicklungsphase entwickelte der Innovationspartner unter Beteiligung der Berliner Feuerwehr in einem gemeinsamen Prozess den Prototypen des elektrischen Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeugs.

Es handelte sich um eine Phase des intensiven Austauschs. Des Weiteren wurde der Fortschritt der Innovationspartnerschaft durch das Erreichen entsprechender Zwischenziele durch den Fachbereich überwacht.

Innerhalb des Projektes hat die Forschungs- und Entwicklungsphase den längsten Bearbeitungszeitraum in Anspruch genommen.

2.4 Leistungsphase

Die Innovationspartnerschaft sieht weiter vor, dass auf die Forschungs- und Entwicklungsphase eine Leistungsphase folgt, in der die aus der Partnerschaft hervorgegangene Leistung erbracht wird.

Es folgte ein ca. einjähriger Erprobungsbetrieb des Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeugs auf drei verschiedenen Feuerwachen.

Nach Abschluss der Forschungs- und Entwicklungsphase ist die Berliner Feuerwehr zum anschließenden Erwerb der innovativen Leistung nur dann verpflichtet, wenn das bei Eingehung der Innovationspartnerschaft festgelegte Leistungsniveau und die Kostenobergrenze eingehalten werden.

2.5 Zeitlicher Ablauf des Vergabeverfahrens



Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf Vergabeverfahren

3 Technische Daten des Projektfahrzeugs

3.1 Allgemeine technische Daten

Antrieb		Serieller Hybrid mit permanentem Allradantrieb
Batterie Kapazität	brutto	2 x 66 kWh
	netto	2 x 50 kWh
Antriebsleistung	Spitzenleistung	360 kW (2 x 180 kW)
	Dauerleistung	260 kW
Elektrische Reichweite	Innerstädtisch	Ca. 100 km
	Autobahn	Ca. 70 km
Diselelektrische Reichweite	Autobahn	Ca. 600 km ₁
Ladeleistung		DC 150 kW (peak), AC 22 kW
Range Extender		225 kW Dieselerbrennungsmotor (Stage V ₂)
Tankvolumen Kraftstoff		125 Liter
Fahrassistenzsysteme		EBS / ABS / ESP / ADM
Radstand		4.100 mm
Bodenfreiheiten		175 / 250 / 350 / 470 mm
Bremsen		17" Scheiben mit EBS
Federung		Pneumatisch / höhenverstellbar
Beleuchtung		LED
Spiegel		Spiegelerersatzsystem
Sitzplatz Konfiguration		1 + 6

Tabelle 1: Allgemeine technische Daten des eLHFs



Abbildung 3: eLHF Seitenansicht

Gesamtlänge 8.600 mm; ohne Einpersonenaspel 7.600 mm



Abbildung 4: eLHF Vorderansicht

Gesamtbreite: 2.350 mm; Höhen:
Einsatzstellenniveau: 2.900 mm;
Straßenniveau: 2.970 mm;
Geländeniveau: 3.070 mm

¹ Mit einer Kraftstofftankfüllung / 125 Liter Diesekraftstoff

² Gemäß Verordnung (EU) 2016/1628



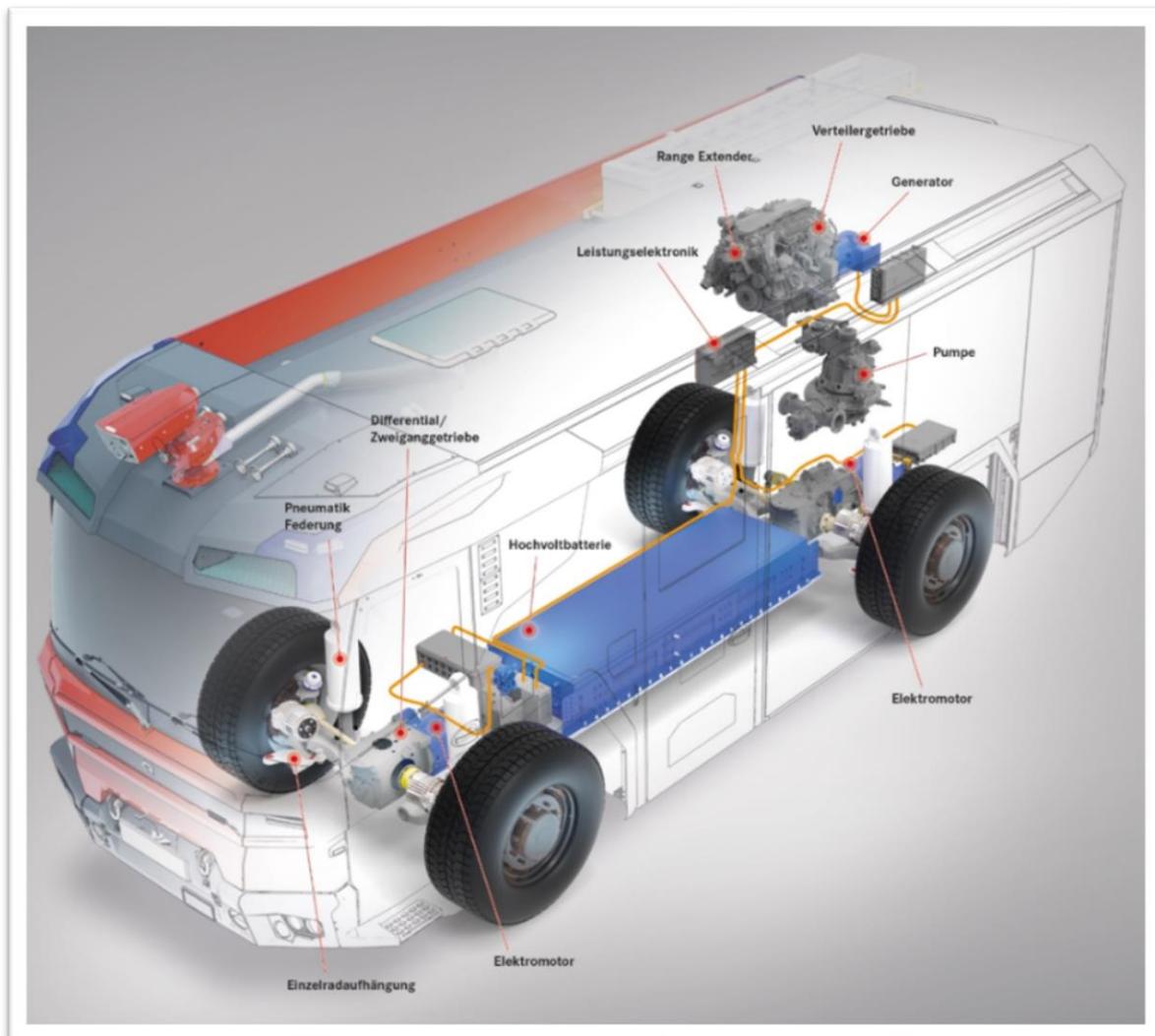


Abbildung 5: Fahrzeugstruktur ohne zweite Antriebsbatterie

3.2 Feuerwehrtechnische Daten

Feuerlöschkreiselpumpe	FPN 10-2000 gemäß DIN EN 1028-1	
Pumpenbetriebszeit³	batterieelektrisch	65 min
	dieselbetrieb	Ca. 8 h
Löschwasserbehälter	1.200 Liter	
Druckluftschaumanlage	DLS 800 gemäß DIN EN 16327	
Schaummittelbehälter	100 Liter	
Lichtmast	LED pneumatisch ausfahrbar	
Pressluftatemgeräte (PA)	5 PA-Halterungen in Sitzplätze integriert	
Stromerzeuger	Netznachbildung 230 / 400 V (max. Leistung 18 kVA)	
Umfeldbeleuchtung	LED in zwei Stufen schaltbar max. 54.000 lm	

Tabelle 2: Feuerwehrtechnische Daten des eLHF's

³Bei Normleistung gemäß EN 1028 – Q_N 2000 l/min, p_N 10 bar, H_S ge0N 3 m

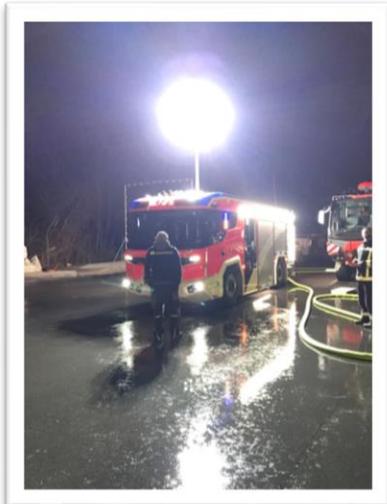


Abbildung 6: Umfeldbeleuchtung und Lichtmast

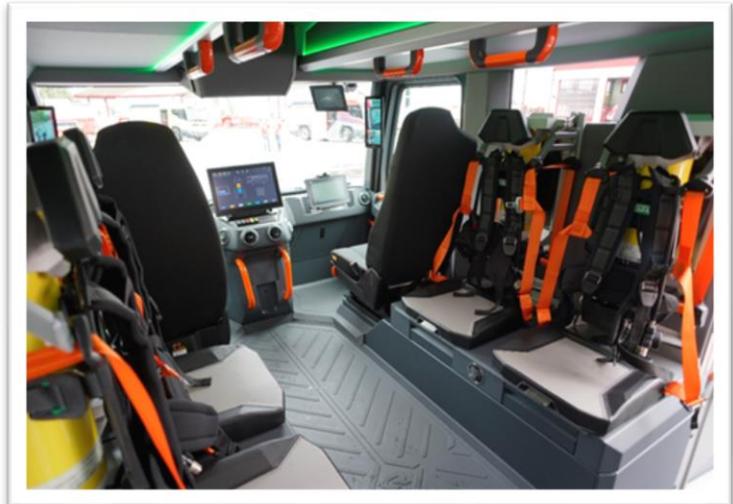


Abbildung 7: Mannschaftsraum mit PA-Halterungen



Abbildung 8: Netznachbildung mit Anschlusssteckdosen

4 Ladeinfrastruktur

Das Projekt eLHF beinhaltete neben der Beschaffung des Projektfahrzeugs auch die Planung, Beschaffung und Installation geeigneter Ladeinfrastruktursysteme für den Probetrieb des Projektfahrzeugs. Um möglichst viele Erfahrungen mit der für die Berliner Feuerwehr neuen Technik sammeln zu können, sollten unterschiedliche Systeme beschafft und erprobt werden. Die Basis für die Beschaffungen waren die unterschiedlichen Rahmenbedingungen der verschiedenen Hausanschlüsse auf den unterschiedlichen Feuerwachen und die Kernanforderungen in puncto Ladeleistung an das Projektfahrzeug.

Der haustechnische Bestand mit Blick auf die verfügbaren Netzanschlussleistungen ist auf den Berliner Feuerwachen sehr unterschiedlich. Diese Unterschiede galt es im Projekt zu beachten und geeignete technische Lösungen zu finden. Die verfügbare Hausanschlussleistung war ein Kriterium für die Auswahl der Erprobungswachen. Die Feuerwache Schöneberg (Indienststellungsjahr 1896) gehört zu den ältesten Feuerwachen in Berlin und hat im Vergleich zu den anderen Standorten der Erprobungsphase die geringste freie Netzkapazität am elektrischen Hausanschluss. Im Vergleich ist die Feuerwache Suarez mit sehr guten Hausanschlussvoraussetzungen ausgestattet.

Basis für die Auslegung der notwendigen Ladepunkteleistung war das zu erwartende Nutzungsprofil des Projektfahrzeugs und die Anforderungen der Berliner Feuerwehr aus der Leistungsbeschreibung. Das Fahrzeug und die Ladeinfrastruktur waren so auszulegen, dass der durchschnittliche Energiebedarf des Fahrzeugs für die Bearbeitung eines Einsatzes in 15 Minuten nachgeladen werden kann. In der theoretischen Auslegung auf Basis der Nutzungsprofilanalyse ergab sich eine durchschnittliche Ladeleistung von 80 kW. Diese Ladepunkteleistung musste vom Projektfahrzeug und der Ladeinfrastruktur technisch mindestens umgesetzt werden. Die Erfahrungen aus der Erprobungsphase bestätigten die ermittelte notwendige Ladeleistung für die Systeme mit Blick auf die ursprüngliche Anforderung. Der durchschnittliche Energiebedarf je Einsatz lag bei rund 21 kWh.

4.1 Stationäres DC-Schnellladesystem

Auf der Feuerwache Suarez erfolgte die Installation eines fest verbauten DC-Schnellladesystems (Gleichstrom Ladeinfrastruktur) mit einer Ladepunkteleistung von bis zu 120 kW für den Probetrieb. Die freie Hausanschlusskapazität ermöglichte eine unkomplizierte Integration des Systems in das Bestandsgebäude. Die Kosten für die Lieferung und Installation des Systems beliefen sich auf rund 90.000 Euro. Die nachfolgenden Bilder zeigen die Installation auf der Feuerwache Suarez.





Abbildung 9: Stationäres DC-Schnellladesystem, Schaltschrank mit Leistungselektronik



Abbildung 10: Schaltschrank mit Ladepunktsteuerung und Betriebszustandsanzeige



Abbildung 11: eLHF im Ladebetrieb Feuerwache Suarez

Technische Daten des Ladeinfrastruktursystems

AC-Eingang	
Nennspannung	3 x 400 V
Anschlussleistung	130 kVA
Leistungsfähigkeit	≥ 94,5 %
DC-Ausgang	
Anschlussart	Combo-2 (Type 2 / Mode 4)
Ausgangsspannungsbereich	200 – 800 V
Maximaler Ladestrom	200A
Ladepunktleistung	120 kW
Gehäuse	
Abmessungen (Höhe x Breite x Tiefe)	(1951 x 850 x 700) mm
Benutzerschnittstelle	
Bedienfeld	3 x Kontrolllampen Sicherheitsschalter „STOP“ – Taste
Fernkommunikation	GPRS 3G
Sonstige	
Betriebstemperatur	-25°C / +40°C
Aufbewahrungstemperatur	-25°C / +40°C
Luftfeuchtigkeit	5 – 95 %

Tabelle 3: technische Daten - stationäres DC-Schnellladesystem

4.2 Batteriegepuffertes DC-Schnellladesystem

Auf der Lehrrettungswache Mitte und der Feuerwache Schöneberg erfolgte die Installation eines batteriegepufferten DC-Schnellladesystems. Das System ist mit einem integrierten Batteriespeicher ausgestattet und als kranbares Komplettsystem konstruiert. Diese Konstruktionsweise erwies sich für den Probetrieb als sehr geeignet, weil ein Standortwechsel des Ladesystems im Rahmen der Erprobung von der Lehrrettungswache Mitte auf die Feuerwache Schöneberg geplant war.

Die Erprobung des batteriegepufferten Ladesystems erfolgte vor dem Hintergrund möglicher geringer Netzkapazitäten an Standorten, die eine hohe Ladepunktleistung für den



Fahrzeugbetrieb benötigen. Das System bietet den Vorteil, dass es mit einer geringen Netzanschlussleistung hohe Ladepunktleistungen ermöglicht. Es eignet sich insbesondere für Standorte, bei denen die stromnetzseitige Ertüchtigung sehr hohe Kosten mit sich bringt. Die nachfolgenden Bilder zeigen das batteriegepufferte Schnellladesystem als Komplettsystem. Sollten solche Systeme dauerhaft auf einem Standort zum Einsatz kommen, empfiehlt es sich, die Leistungskomponenten inklusive der Batterie vom Ladepunkt zu trennen, um die geringen Platzverhältnisse an Fahrzeugstellplätzen in Fahrzeughallen nicht weiter zu verringern. Die Kosten für die Lieferung und Installation des Systems auf der Lehrfeuerwache Mitte beliefen sich auf rund 180.000 Euro. Für die Installation auf der Feuerwache Schöneberg ergaben sich weitere Kosten in Höhe von rund 15.000 Euro.



Abbildung 12: eLHF im Ladebetrieb Lehrrettungswache Mitte



Abbildung 13: Transport batteriegepuffertes Schnellladesystem

Technische Daten des Ladeinfrastruktursystems

AC-Eingang	
Nennspannung	3 x 400 V
Anschlussleistung	11 kVA bis 88 kVA
Leistungsfähigkeit	93 % bei Volllast
DC-Ausgang	
Anschlussart	Combo-2 (Type 2 / Mode 4)
Ausgangsspannungsbereich	50 V– 920 V
Maximaler Ladestrom	350 A
Ladepunktleistung	Bis 150 kW
AC- Ausgang	
Anschlussart	Typ 2

Maximaler Ladestrom	32 A
Ladepunktleistung	22 kW
Gehäuse	
Abmessungen (Höhe x Breite x Tiefe)	(2.350 x 1.000 x 1.310) mm
Gesamtmasse	1.976 kg
Integrierter Batteriespeicher	
Zelltechnologie	Lithium-Ionen
Energiegehalt	75 kWh
Benutzerschnittstelle	
Bedienfeld	9" Touch Panel RFID/NFC Kartenleser Not-Aus Taster
Fernkommunikation	GSM Router 2G/3G/4G
Sonstige	
Betriebstemperatur	-25°C / +50°C
Aufbewahrungstemperatur	0°C / +40°C
Luftfeuchtigkeit	5 – 95 %

Tabelle 4: technische Daten - Batteriegepuffertes DC-Schnellladesystem

4.3 Erfahrungen aus der Erprobung der Ladeinfrastruktursysteme

Im Erprobungszeitraum war die ausschließliche Nutzung von Gleichstrom Ladesystemen geplant. Die Konfiguration der Systeme auf den Erprobungswachen Mitte und Suarez ermöglichten Ladepunktleistungen mit bis zu 120 kW. Auf der Feuerwache Schöneberg erfolgte eine Reduzierung der Ladepunktleistung auf 50 kW nach ungefähr der Hälfte der Erprobungszeit, um den Einfluss der Reduzierung auf den batterieelektrischen Betrieb zu prüfen. Die hohen Ladepunktleistungen sorgten für ein zügiges Nachladen der Antriebsbatterie. Bei einer möglichen Ladepunktleistung von 120 kW konnte der Batteriespeicher in 10 bis 15 Minuten die genutzte Energiemenge des vorherigen Einsatzes wieder nachladen. Es hat sich gezeigt, dass das Projektfahrzeug die Einsatzbearbeitung in der Regel mit einer vollen Antriebsbatterie begonnen hat. Die Reduzierung der Ladepunktleistung auf 50 kW während der Erprobung auf der Feuerwache Schöneberg hat zu keiner spürbaren negativen Veränderung geführt. Auch hier hat das Projektfahrzeug die Feuerwache überwiegend mit einem Batteriestatus 100 % SOC zum Einsatz verlassen.

Die nutzbare Kapazität der Antriebsbatterie ermöglicht einen reinen batterieelektrischen Antrieb ohne Zwischenladen des Fahrzeugs über mehrere, direkt aufeinander folgende Einsätze. Dies konnte am 03.09.2021 im Rahmen des Probetriebes auf der Feuerwache Suarez nachgewiesen werden. Hier wurde das Fahrzeug zu vier Folgeeinsätzen während der



Rückfahrt zur Feuerwache alarmiert. Das Fahrzeug ist mit einem SOC von 100 % gestartet und hat nach Bearbeitung der 5 Einsätze die Feuerwache mit einem SOC von 34 % erreicht. Die Bearbeitung der 5 Einsätze erfolgte über einen Zeitraum von etwas mehr als 3 Stunden und das Projektfahrzeug absolvierte über alle Einsätze eine Wegstrecke von 25 km. In der Erprobungsphase kam es nur sehr selten zu mehreren, direkt aufeinander folgenden Einsätzen. Regelmäßig konnten aber einzelne Folgeeinsätze beobachtet werden. Die Diagramme 2, 4 und 6 zeigen die Standzeitenverteilung (mögliche Ladezeiträume) des Projektfahrzeugs während der drei Erprobungsphasen. Mit "Blitz" werden bei der Berliner Feuerwehr die Einsätze bezeichnet, die als Folgeeinsatz auf der Rückfahrt zur Feuerwache an das jeweilige Fahrzeug beauftragt werden. Die Diagramme 1, 3 und 5 zeigen die einsatzbezogene Wegstreckenverteilung auf den jeweiligen Erprobungswachen. Die Werte beziehen sich auf die Summe der gefahrenen Kilometer der Hin- und Rückfahrt.

An hoch frequentierten Einsatztagen ist das Projektfahrzeug bis zu 16 mal am Tag alarmiert worden. Mit Blick auf die Einsatzzeit addierten sich diese zum Beispiel am 04.10.2021 innerhalb von 24 Stunden auf rund 7,5 Einsatzbetriebsstunden, aufgeteilt auf 16 Einsätze. Das Projektfahrzeug benötigte für diesen Einsatztag rund 300 kWh an elektrischer Energie. Am 17.02.2022 absolvierte das Projektfahrzeug 12 Einsätze innerhalb von 24 Stunden in Folge einer Sturmweatherlage. Auch hier war das Fahrzeug in Summe etwas mehr als 7,5 Stunden, verteilt auf 12 Einsätze, im Einsatz und hat ebenfalls rund 300 kWh elektrische Energie verbraucht.

Bei beiden DC-Ladesystemen kam es im Rahmen der Erprobung zu technischen Störungen, die zu einem vorübergehenden und in einem Fall auch über mehrere Tage anhaltenden Ausfall führten. Viele der Störungen konnten mit einem Systemneustart behoben werden. Es lässt sich vermuten, dass diese Störungen auf die technisch komplexere Bauweise von DC-Ladesystemen zurückzuführen sind. Die Erfahrungen der Berliner Feuerwehr mit AC-Ladesystemen zeigen, dass diese im regelmäßigen Einsatz als technisch stabil zu betrachten sind.

Betrachtet man die Ergebnisse aus der Nutzung des Projektfahrzeugs im Einsatzbetrieb, lässt sich die notwendige Ladepunktleistung auf 22 kW weiter reduzieren. An den seltenen, sehr stark frequentierten Tagen, an denen sich zwischen den Einsätzen nur sehr kurze Nachladezeiträume ergeben, kann eine Reduzierung der Ladepunktleistung auf unter 50 kW zu negativem Einfluss auf die Betriebszeiten des Range Extenders führen. Ganzjährig betrachtet, kann dieser Umstand jedoch vernachlässigt werden, da der negative Einfluss sehr gering ist. Bezieht man die Kosten für die Errichtung eines 22 kW AC Ladepunktes (5.000 Euro bis 20.000 Euro) mit ein, ist die Verwendung eines AC Ladepunktes für Fahrzeuge mit vergleichbarem Nutzungsprofil die wirtschaftlichste und auch die zu empfehlende Ladeinfrastrukturvariante.



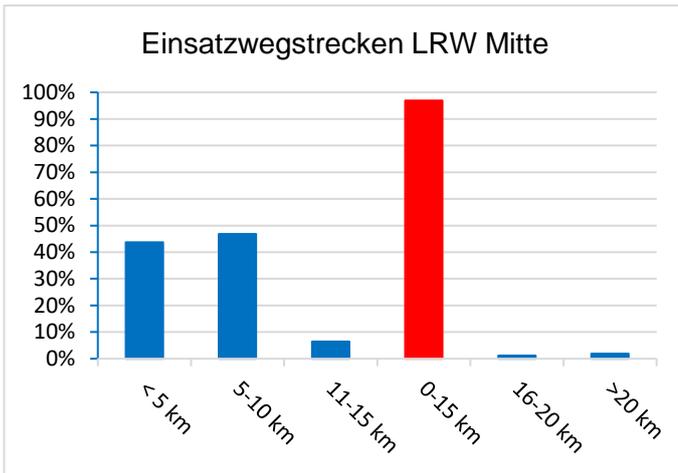


Diagramm 1: Prozentuale Verteilung der Einsatzwegstrecken im Erprobungsbetrieb auf der LRW Mitte

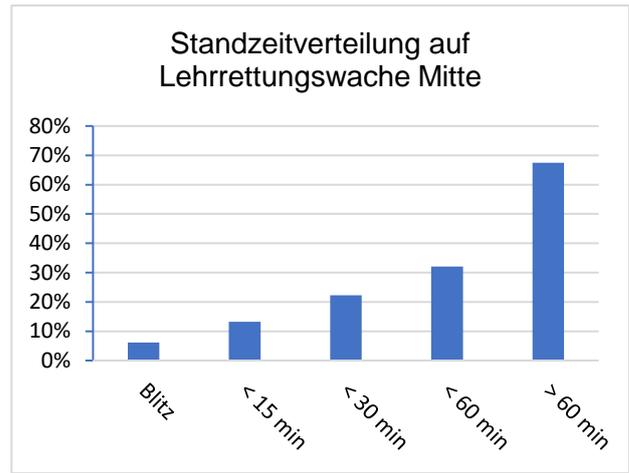


Diagramm 2: Prozentuale Verteilung möglicher Ladezeiträume im Erprobungsbetrieb auf der LRW Mitte

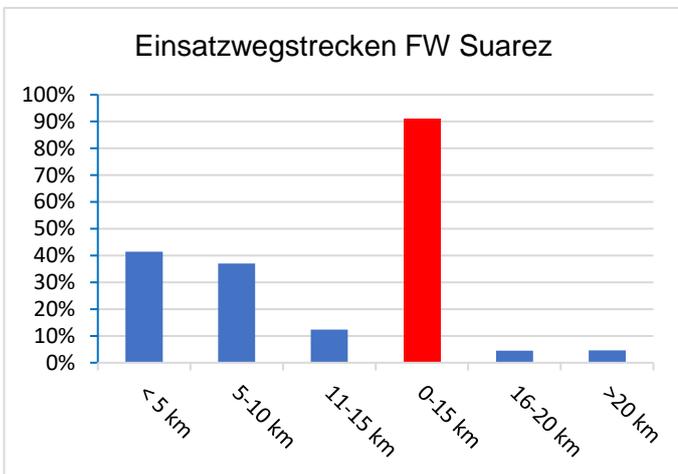


Diagramm 3: Prozentuale Verteilung der Einsatzwegstrecken im Erprobungsbetrieb auf der FW Suarez

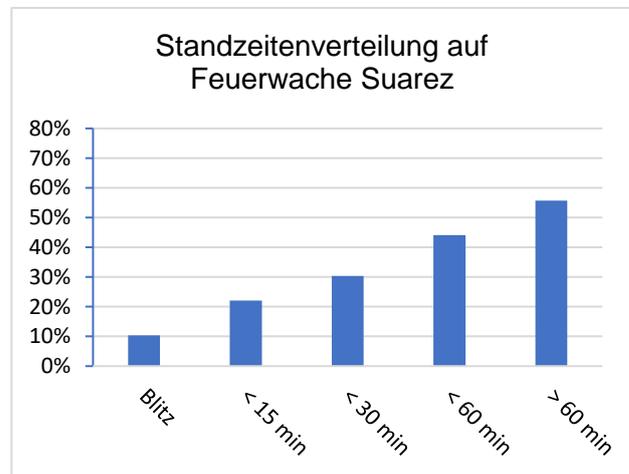


Diagramm 4: Prozentuale Verteilung möglicher Ladezeiträume im Erprobungsbetrieb auf der FW Suarez

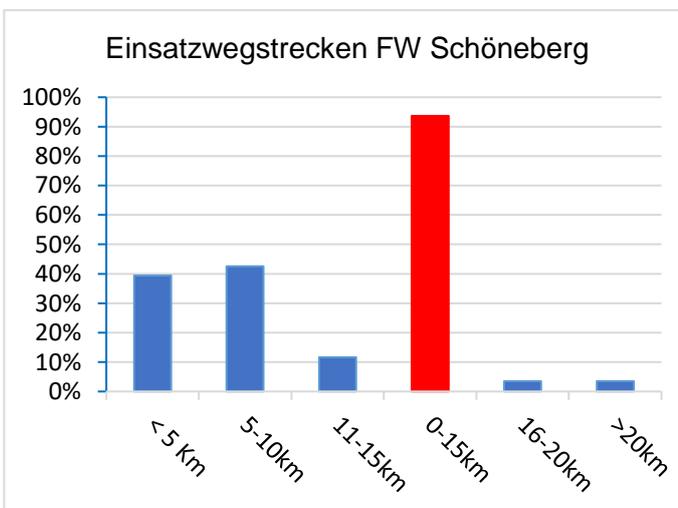


Diagramm 5: Prozentuale Verteilung der Einsatzwegstrecken im Erprobungsbetrieb auf der FW Schöneberg

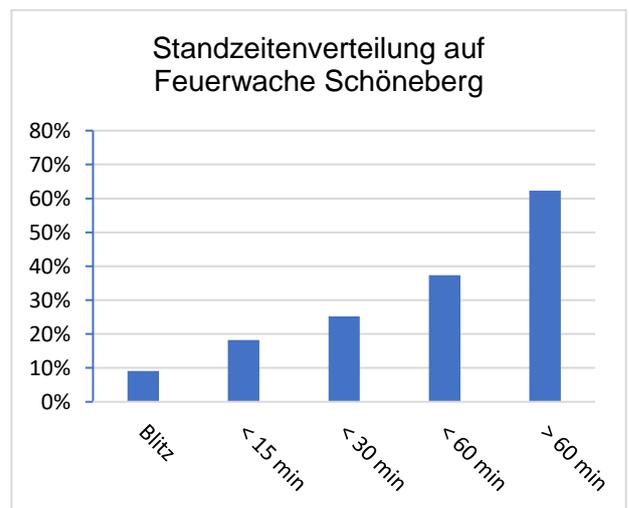


Diagramm 6: Prozentuale Verteilung möglicher Ladezeiträume im Erprobungsbetrieb auf der Feuerwache Schöneberg



5 Technische Abnahme und Probetrieb des Projektfahrzeugs

Das Arbeitspaket 4 des Projektplans beinhaltete die technischen Abnahmen der vergebenen Leistungen sowie die praktische Erprobung des Projektfahrzeugs und der Ladeinfrastruktur auf drei Feuerwachen im Berliner Innenstadtbereich. Die Auswahl der Erprobungsfeuerwachen erfolgte auf Basis einer Nutzwertanalyse. Kriterien für die Nutzwertanalyse waren zum Beispiel die räumliche Lage in der Umweltzone des Innenstadtbereiches, die jährlichen Einsatzzahlen des Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeugs der jeweiligen Feuerwache oder der bauliche Zustand der Feuerwache mit Blick auf die Stromnetzanschlussleistung und der Be- und Entlüftungsausstattung der Fahrzeughallen. Im Ergebnis der Analyse fiel die Auswahl auf die Lehrrettungswache Mitte (Einsatzbereich 7), die Feuerwache Suarez (Einsatzbereich 3) und die Feuerwache Schöneberg (Einsatzbereich 4).

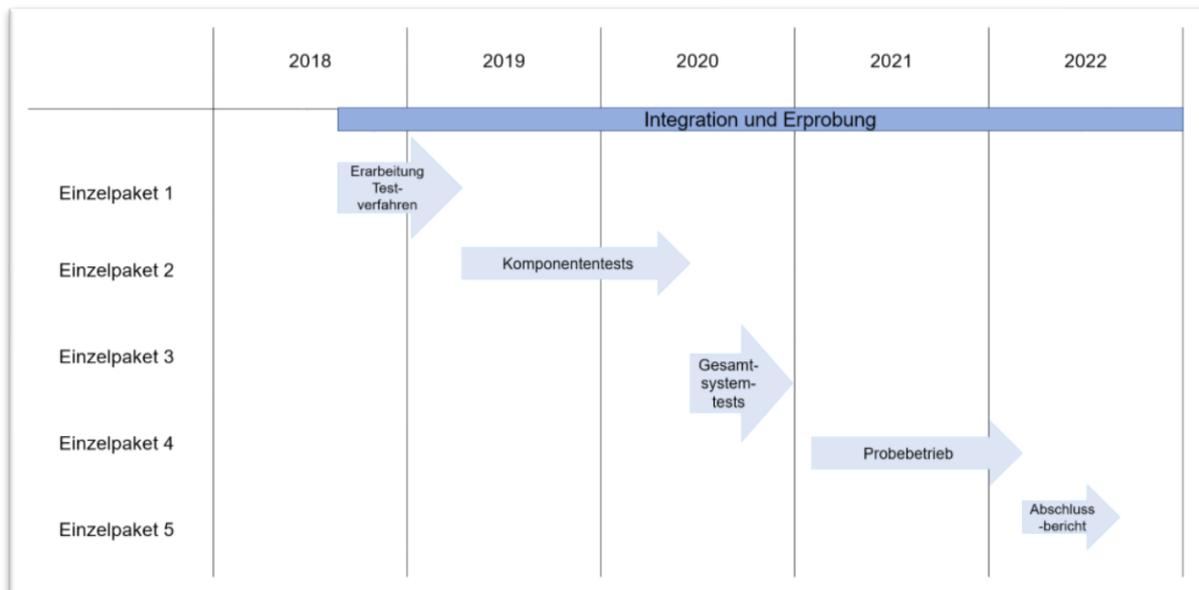


Abbildung 14: Einzelpakete des Arbeitspaket 4

5.1 Technische Abnahmen

Das Arbeitspaket 4 war neben der praktischen Erprobung von technischen Abnahmen und Systemtests geprägt. Die Entwicklungsphase des Projektfahrzeugs beinhaltete unterschiedliche Einzelkomponententests, welche durch die Firma Rosenbauer bzw. durch die Systemlieferanten erfolgten. Tests von feuerwehrtechnischen Kernkomponenten fanden unter Begleitung der Berliner Feuerwehr statt. Hier sind unter anderem der 300 Stunden Dauerlauftest der Feuerlöschkreiselpumpe in Kombination mit dem Range Extender oder die Begutachtung der Hochvolt- und Antriebskomponenten beim Systemlieferant Volvo Penta zu nennen.

Ab Mitte 2020 konnten die ersten Gesamtsystemtests und damit die technische Abnahme des Projektfahrzeugs erfolgen. Die Durchführung dieser Tests geschah über einen Zeitraum von drei Wochen und wurde zeitlich in die Überprüfung der Katastrophenschutzfestigkeit sowie die Überprüfung der technischen Anforderungen aus der Leistungsbeschreibung aufgeteilt.

Überprüfung der Katastrophenschutzfestigkeit

Die Überprüfung der Katastrophenschutzfestigkeit galt der Integrationsmöglichkeit des Projektfahrzeugs in das Zivil- und Katastrophenschutzsystem Deutschlands bzw. dem Bundesland Berlin. Der Fokus lag hierbei auf den Fahr- und Nebenantriebssystemen des Projektfahrzeugs. Nachfolgende Anforderungen wurden über einen Zeitraum von 4 Tagen ohne Anschluss an eine externe Strom- / Ladeinfrastruktur in einem reinen Dieselmotorkraftstoffbetrieb durchgeführt.

Anforderung	Überprüfungsverfahren	Ergebnis
Autobahnreichweite, Mindestreichweite mit einer Füllung des Kraftstofftanks 300 km	Autobahnfahrt mit voller technischer Beladung und vollen Flüssigkeitsständen (Wasser, Schaummittel) Zielgeschwindigkeit: 80 – 100 km/h	Rund 600 km Reichweite mit einer Füllung des Kraftstofftanks
Pumpenbetriebszeit, Mindestbetriebszeit mit einer Füllung des Kraftstofftanks 4 Stunden	Betrieb der Feuerlöschkreiselpumpe im Normbereich (2000 l/min bei 10 bar) über mehrere Stunden und anschließender Hochrechnung der möglichen Pumpenbetriebszeit	Rund 8 h Pumpenbetriebszeit mit einer Füllung des Kraftstofftanks
Endlosbetrieb (unter Nutzung von Dieselmotorkraftstoff)	Überprüfung an 4 aufeinanderfolgenden Tagen ohne Nutzung von externer Strom- und Ladeinfrastruktur, je Testtag erfolgte eine Überprüfungsfahrt (130 km bis 250 km) und ein Pumpenbetrieb von mehr als einer Stunde (1,5 h bis 3 h)	Das Projektfahrzeug kann uneingeschränkt unter Nutzung des Diesel Range Extenders genutzt werden und muss nicht zur Energiezufuhr außer Betrieb gehen
Kraftstoffverbrauch	Über die Testwoche erfolgte die Erhebung der Kraftstoffverbräuche im Pumpen- und Fahrbetrieb	Der Kraftstoffverbrauch liegt zwischen 15 l bis 16 l Dieselmotorkraftstoff je Betriebsstunde des Range Extenders

Tabelle 5: Überprüfung der Katastrophenschutzfestigkeit

Überprüfung der technischen Anforderungen aus der Leistungsbeschreibung

Die Anforderungen an das Projektfahrzeug leiteten sich aus den unterschiedlichen nationalen und internationalen technischen Normen, den spezifischen Leistungsanforderungen der Berliner Feuerwehr und aus den abgeleiteten Anforderungen aus den Projektzielen. Die Priorität lag bei der Entwicklung des Projektfahrzeugs insbesondere auf der Erfüllung der umwelttechnischen Anforderungen und den Normanforderungen, um die Integration des Projektfahrzeugs in den Einsatzdienst der deutschen Feuerwehren sicherstellen zu können. Die nachfolgende Übersicht zeigt eine Zusammenfassung der Kernvorgaben, welche die Leistungsfähigkeit des Projektfahrzeugs aus feuerwehrtechnischer Sicht darstellt.

<u>Bezeichnung</u>	<u>Technische Beschreibung</u>	<u>Quelle</u>	<u>Soll-Wert</u>	<u>Ist-Wert</u>
Mindestgeschwindigkeit	Erreichbare Mindestgeschwindigkeit	DIN EN 1846	≥ 90 km/h	113 km/h
Beschleunigung	Zeitspanne, um eine Strecke von 100 m bei Start aus dem Stand zurückzulegen	DIN EN 1846	≤ 15 s	12 s
Verschränkungsfähigkeit	c = 0,2 m	DIN EN 1846		erfüllt
Wendekreis	Wendekreis zwischen Wänden	DIN EN 1846	≤ 17 m	12,64 m (mit HZA) 16,00 m (ohne HZA)
Statische Stabilität	Statischer Kippwinkel auf Kippvorrichtung	DIN EN 1846	Straßenfähig $\delta \geq 32^\circ$ Geländefähig $\delta \geq 27^\circ$	Straßenfähig $\delta = 33^\circ$ Geländefähig $\delta = 30,4^\circ$
Steigfähigkeit	Prüfung gemäß Vorgabe DIN EN 1846	DIN EN 1846	$\geq 17^\circ$	Erfüllt Steigung Prüframpe: 21°
Wasserdurchfahrtsfähigkeit	Prüffahrt durch Wassergrube	LV	600 mm	Prüfung offen
Fahrbereich	mit einer Kraftstofftankfüllung	DIN EN 1846	≥ 300 km	600 km
Mindestbetriebsstunden	mit einer Kraftstofftankfüllung	DIN EN 1846	≥ 4 h	8 h
Massen	Vorderachse	DIN 14530-27	≤ 10.000 kg	5.830 kg (ohne Besatzung), 6.460 kg (mit Besatzung)
	Hinterachse	DIN 14530-27	≤ 10.000 kg	10.000 kg
	Gesamtmasse	DIN EN 1846	≤ 16.000 kg	15.830 kg (ohne Besatzung), 16.460 kg (mit Besatzung)
	Leermasse		Keine Anforderung	12.790 kg
Anhängelast	gebremst	LV	Mind. 2.000 kg	2.000 kg



<u>Bezeichnung</u>	<u>Technische Beschreibung</u>	<u>Quelle</u>	<u>Soll-Wert</u>	<u>Ist-Wert</u>
Abmessungen	Fahrzeugbreite	LV	≤ 2.400 mm	2.350 mm
	Fahrzeuglänge	DIN 14530-27	≤ 8.600 mm (mit aufgeprotzter Haspel)	8.600 mm
	Fahrzeughöhe	LV	≤ 3.050 mm (Straße)	2.970 mm (Straße), 3.070 mm (Gelände), 2.900 mm (Einsatzstelle)
Bodenfreiheit d	Abstand tiefster Punkt unter dem Fahrzeug (außer den Achsen)	DIN EN 1846	≥ 200 mm (Straße), ≥ 300 mm (Gelände)	210 mm (Straße), 310 mm (Gelände)
Bodenfreiheit h	Abstand tiefster Punkt unter der Achse	DIN EN 1846	≥ 150 mm (Straße), ≥ 230 mm (Gelände)	220 mm (Straße), 280 mm (Gelände)
Überhangwinkel Rampenwinkel γ	Vorderer Überhangwinkel α	DIN EN 1846	≥ 13° (Straße), ≥ 23° (Gelände)	18° (Straße), 23° (Gelände)
	Hinterer Überhangwinkel β	DIN EN 1846	≥ 12° (Straße), ≥ 23° (Gelände)	12° (Straße), 20° (Gelände mit Schlauchhaspelhalterung), 23° (Gelände ohne Schlauchhaspelhalterung)
	Rampenwinkel γ	DIN EN 1846	≥ 18° (Gelände)	erfüllt
Türen	mindestens zwei voneinander unabhängige Zugänge zum Ein- und Ausstieg	DIN EN 1846	(500 x 700) mm	erfüllt



<u>Bezeichnung</u>	<u>Technische Beschreibung</u>	<u>Quelle</u>	<u>Soll-Wert</u>	<u>Ist-Wert</u>
	Schwenkbare Türen; Selbst haltend in der geöffneten Stellung bleiben		Mind. 80° aufschwenken lassen	erfüllt
Feuerlösch- kreiselpumpe	FPN 10-2000	DIN EN 1028	Gemäß Norm	erfüllt
Druckluft- schaumanlage	DLS 800/2400	DIN EN 16327	Gemäß Norm	erfüllt

Tabelle 6: Soll / Ist - Vergleich der technischen Daten

5.2 Probetrieb

Der Probetrieb des Projektfahrzeugs und der Ladeinfrastruktursysteme erfolgten vom 01.02.2021 bis zum 28.02.2022. Während der Erprobung auf den drei Feuerwachen lag der Fokus auf der Integration des neuen Fahrzeugkonzeptes in den Einsatzdienst. Weiterhin wurde eine Erhebung notwendiger technischer Maßnahmen für die Einführung des neuen Fahrzeugkonzeptes mit einem besonderen Blick auf die Antriebstechnologie durchgeführt. Die Analyse und Validierung der gesammelten Erkenntnisse erfolgte stetig in enger Zusammenarbeit zwischen dem Entwicklerteam der Firma Rosenbauer und der Berliner Feuerwehr. Notwendige technische Anpassungen wurden kurzfristig umgesetzt bzw. führten zu Weiterentwicklungen des Serienfahrzeugs. Im Anschluss an die Erprobungsphase auf der Feuerwache erfolgte eine Onlinebefragung der in das Fahrzeug eingewiesenen Einsatzkräfte. Insgesamt nahmen 49 Einsatzkräfte an der Befragung teil. Der Abschnitt 7.3 „Befragung zum Projektfahrzeug - Gesamtergebnisse der drei Feuerwachen“ zeigt die zusammengefassten Umfrageergebnisse der drei Feuerwachen.

Parallel zur Erprobung des Projektfahrzeugs erfolgte die ECE-Homologation des Fahrzeugkonzeptes durch den Hersteller. Das Fahrzeug befand sich während des Probetriebes im Status eines Prototyps, welcher im genannten Zeitraum mit einer Prototypenzulassung geführt wurde.

Im gesamten Erprobungszeitraum war das Projektfahrzeug 228 Tage im Dienst. Außerhalb dieser Zeit erfolgten die technischen Einweisungen auf den Feuerwachen, Fahrzeugpräsentationen, Fahrzeugreparaturen, technische Anpassungen und Fahrzeugtests. Innerhalb der 228 Einsatztage konnten mit dem Projektfahrzeug 1.386 Einsätze bearbeitet werden. Die Durchführung dieser Einsätze erfolgte in 90,7 % der Fälle in einem rein batterieelektrischen Betrieb und somit zu einer Vermeidung von 10,3 t CO₂-Äq im Vergleich zu einem konventionellem, im Bestand befindlichen Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeug geführt hat. Als Zielindikator für die Reduzierung von Treibhausgasen ist zum Projektstart ein Potenzial von 14,7 t CO₂-Äq im Jahr gegenüber einem konventionellen mit Dieselkraftstoff angetriebenen Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeugs ermittelt worden. Dieses Ziel konnte im Projektzeitraum auf Grund des Prototypenstatus des Projektfahrzeugs und der Verfügbarkeit der Ladeinfrastruktur nicht erreicht werden. Eine Hochrechnung der erreichten Vermeidung an CO₂-Äq auf ein vollständiges Einsatzjahr ergibt ein Vermeidungspotenzial von rund 16,4 t CO₂-Äq im Jahr gegenüber einem konventionellen mit Dieselkraftstoff angetriebenen Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeug. Zusätzliche Potenziale ergeben sich durch eine zu erwartende Verfügbarkeitssteigerung der Ladeinfrastruktur. Die phasenweise nicht verfügbare Ladeinfrastruktur hatte im Erprobungszeitraum einen maßgeblichen Anteil an der Reduzierung des rein batterieelektrischen Betriebs des Projektfahrzeugs.



Statistische Zusammenfassung:

	Mitte	Suarez	Schöneberg	Summe
Anzahl der absolvierten Einsätze	440	617	329	1386
Durchschnittliche Einsätze in 24 h	5	7	6	6
Max. Einsätze 24 h	12	16	12	16
Gesamteinsatzbetriebszeit	234 h 51 min	346 h 38 min	191 h 43 min	773 h 12 min
Durchschnittliche Einsatzbetriebszeit	32 min	34 min	35 min	
Brandeinsätze mit Pumpenbetrieb	12	13	4	29
Gesamtkilometerleistung im Einsatzbetrieb	2.571 km	4.159 km	2.170 km	8.900 km
Gesamtkilometerleistung inkl. aller Fahrten	3.493 km	5.241 km	4.519 km	13.253
Durchschnittlicher Stromverbrauch je Einsatz	27,22 kWh	20,82 kWh	20,49 kWh	
Kraftstoffverbrauch im Einsatzbetrieb Gesamtzeitraum	Ca. 8 Liter Dieselkraftstoff	Ca. 327 Liter Dieselkraftstoff	Ca 210 Liter Dieselkraftstoff	Ca. 545 Liter Dieselkraftstoff
Einsätze mit Rex Betrieb	2	94	33	129
Rein elektrischer Betrieb (bezogen auf Einsätze)	99,5 %	84,8 %	90,0 %	90,7 %
Betriebsstunden Rex Einsatzdienst	0 h 26 min	29 h 27 min	21 h 00 min	50 h 53 min
Rein elektrischer Betrieb (bezogen auf Betriebsstunden)	99,81 %	91,5 %	89,1 %	93,4 %
Stromverbrauch inkl. Ladeverluste	11.981 kWh	10.330 kWh	5682 kWh	27.993 kWh
Durchschnittlicher Verbrauch je Betriebsstunde	51,02 kWh	36,98 kWh	35,61 kWh	
Tage im Einsatzdienst	83 Tagen	85 Tagen	60 Tagen	228 Tagen

Tabelle 7: Statistische Zusammenfassung des Probetriebes

5.3 Erprobungsphase Lehrrettungswache Mitte

Die Erprobungsphase auf der Lehrrettungswache Mitte fand im Zeitraum vom 01.02.2021 bis zum 24.05.2021 statt. 24 Einsatzkräfte erhielten in einer 2-tägigen Technikschiung die Befähigung zum Führen und Bedienen des Projektfahrzeugs. Im genannten Erprobungszeitraum konnten mit dem Projektfahrzeug insgesamt 440 Einsätze bearbeitet werden, wobei mehr als 99 % der Einsätze rein batterieelektrisch, ohne Nutzung des Range Extenders erfolgten. Der durchschnittliche Verbrauch an elektrischem Strom für den Betrieb des Fahrzeugs lag bei rund 27 kWh je Einsatz. Dieser Wert ist für die Verbrauchsbewertung des Fahrzeugs nicht repräsentativ. Grund hierfür ist die Betriebsweise des Projektfahrzeugs



in der ersten Erprobungsphase. In dieser Phase wurde das Fahrzeug zwischen den Einsätzen auf der Feuerwache immer in einem eingeschalteten Betriebszustand abgestellt und nachgeladen. Die damit aktivierten Betriebssysteme, wie zum Beispiel die Klimatisierung, erhöhten den durchschnittlichen Energieverbrauch bezogen auf die Einsatzzahlen. Die Betriebsweise wurde im Juni 2021 mit Wechsel auf die zweite Erprobungswache umgestellt und führte zu niedrigeren Stromverbräuchen je Einsatz.

In der ersten Erprobungsphase belief sich der Verbrauch an Dieselmotorkraftstoff für den Einsatzdienst auf rund 8 Liter. Dieser Verbrauch lässt sich auf zwei Brandeinsätze zurückführen. Bei beiden Einsätzen kam es zum Betrieb der verbauten Feuerlöschkreiselpumpe. Insgesamt erfolgte der Einsatz des Projektfahrzeugs als wasserführendes Fahrzeug bei 12 Brandeinsätzen. Die nachfolgenden drei Einsatzzusammenfassungen zeigen exemplarisch die batterieelektrische Leistungsfähigkeit bei Brandeinsätzen mit Pumpenbetrieb. Die ersten Erfahrungen aus den absolvierten Brandeinsätzen mit Betrieb der Feuerlöschkreiselpumpe haben gezeigt, dass ein elektrischer Pumpenbetrieb mit der im Fahrzeug verbauten Antriebsbatterie über mehrere Stunden möglich ist. Im Tankbetrieb (drucklose Wasserversorgung über den Löschwassertank) sind mehr als 1,5 Stunden und im Hydrantenbetrieb (Druckwassereinspeisung aus dem Hydrantennetz) mehr als 2 Stunden rein elektrischer Betrieb realistisch.

1. Gebäudebrand in einem Fahrradgeschäft

Einsatzdatum/Uhrzeit	03.03.2021 / 05:36 Uhr
Einsatznummer	142
Einsatzstichwort	Brand 3
Einsatzlage	Es brannten Einrichtungsgegenstände in einem Fahrradladen im EG.
Löschmittel	Begonnen mit Druckluftschaum, im Verlauf erfolgte die Umstellung auf Wasser
Einsatzdauer ⁴	83 min
Bemerkungen	Der Einsatz wurde mit Druckluftschaum gestartet. Nach ca. 16 min erfolgte eine Temperaturwarnung der Druckluftschaumanlage. Es erfolgte die Umstellung auf einen reinen Löschwasserbetrieb. Die technische Analyse des Einsatzes zeigte eine unzureichende Kühlung der Druckluftschaumanlage. Die Regelung der Kühlung wurde durch den Hersteller auf Basis der Erkenntnisse angepasst, woraufhin im weiteren Verlauf der Erprobung die Einsatztemperatur der Druckluftschaumanlage unauffällig war. Der Einsatz erfolgte rein batterieelektrisch. Der Betrieb der Feuerlöschkreiselpumpe erfolgte überwiegend unter Nutzung des Einspeisedruckes aus dem Hydrantennetz.

⁴ Zeitspanne von Einsatzübernahme bis zum Einsatzabschluss auf der Feuerwache bzw. Übernahme eines Folgeinsatzes auf der Rückfahrt



Betriebszeiten und Verlauf des Ladezustandes (SOC) der Antriebsbatterie				
	Anfahrt	Einsatz	Rückfahrt	Summe
SOC %	99,5% → 99%	99% → 57%	57% → 55%	
Fahrstrecke [km]	1,0	0	1,0	2,0
Laufzeit FP [min]	0	66	0	66
DLS Laufzeit [min]	0	16	0	16
REX Laufzeit [min]	0	0	0	0

Tabelle 8: Lehrrettungswache Mitte - 1. Einsatz

2. Fahrzeugbrand im Freien

Einsatzdatum/Uhrzeit	23.03.2021 / 01:59 Uhr
Einsatznummer	59
Einsatzstichwort	Brand 3 KFZ
Einsatzlage	Vollbrand von 7 PKW
Löschmittel	Druckluftschäum, Nachlöscharbeiten mit Wasser
Einsatzdauer	120 min
Bemerkungen	Betrieb des Range Extender auf der Rückfahrt zur Feuerwache. Die Zuschaltung des Range Extenders erfolgte automatisch bei 20 % SOC. Bis zum Eintreffen auf der Feuerwache konnte der Batteriestatus auf rund 35 % gehoben werden. Der Einsatz startete mit einem geminderten SOC (84 %).

Betriebszeiten und Verlauf des Ladezustandes (SOC) der Antriebsbatterie				
	Anfahrt	Einsatz	Rückfahrt	Summe
SOC %	84% → 78,5%	78,5% → 24%	24% → 35,5%	
Fahrstrecke [km]	2,1	0	2,3	4,5
Laufzeit FP [min]	0	74	0	74
DLS Laufzeit [min]	0	38,3	0	38,3
REX Laufzeit [min]	0	0	12	12

Tabelle 9: Lehrrettungswache Mitte - 2. Einsatz



3. Brand im Freien

Einsatzdatum/Uhrzeit	13.04.2021 / 00:40 Uhr
Einsatznummer	20
Einsatzstichwort	Brand 2
Einsatzlage	Brand mehrerer Verkaufsstände auf ca. 200 m ² eines Marktplatzes
Löschmittel	Wasser
Einsatzdauer	155 min
Bemerkungen	Betrieb des Range Extender auf der Rückfahrt zur Feuerwache. Die Zuschaltung des Range Extenders erfolgte automatisch bei 20 % SOC. Bis zum Eintreffen auf der Feuerwache konnte der Batteriestatus auf rund 32 % gehoben werden. Der Einsatz startete mit einem geminderten SOC (93 %).

Betriebszeiten und Verlauf des Ladezustandes (SOC) der Antriebsbatterie				
	Anfahrt	Einsatz	Rückfahrt	Summe
SOC %	93,5% → 83%	83% → 23%	23% → 32%	
Fahrstrecke [km]	7	0	6,9	13,9
Laufzeit FP [min]	0	103	0	103
DLS Laufzeit [min]	0	0	0	0
REX Laufzeit [min]	0	0	14	14

Tabelle 10: Lehrrettungswache Mitte - 3. Einsatz

5.4 Erprobungsphase Feuerwache Suarez

Die Erprobungsphase auf der Feuerwache Suarez fand im Zeitraum vom 03.06.2021 bis zum 24.10.2021 statt. 24 Einsatzkräfte erhielten in einer 2-tägigen Technikschiung die Befähigung zum Führen und Bedienen des Projektfahrzeugs. Im genannten Erprobungszeitraum konnten mit dem Projektfahrzeug insgesamt 617 Einsätze bearbeitet werden, wobei rund 85 % der Einsätze rein batterieelektrisch, ohne Nutzung des Range Extenders erfolgten. Der durchschnittliche Verbrauch an elektrischem Strom für den Betrieb des Fahrzeugs lag bei rund 21 kWh.

Die Erprobungsphase auf der Feuerwache Suarez wurde von zwei technischen Störungen begleitet, die einen erheblichen Einfluss auf die Testergebnisse hatten. Zum einen kam es zu einer Störung und dem späteren Ausfall der installierten Ladeinfrastruktur. Diese stand ab Ende September 2021 für 15 Tage nicht zur Verfügung. Das Fahrzeug konnte in diesem Zeitraum uneingeschränkt unter Verwendung des Range Extenders in einem dieselektrischen Betrieb im Dienst verbleiben. In diesem Zeitraum hat das Fahrzeug 939 Einsatzkilometer und 138 Einsätze absolviert.

Zum anderen hat ein Softwareupdate für das Hochvoltsystem, welches durch den Systemlieferanten Volvo Penta erfolgte, in den Monaten Juli und August zu phasenweisen

Störungen beim Laden des Projektfahrzeugs und in seltenen Fällen in der Antriebsleistung geführt. Die beschriebenen technischen Störungen konnten nach einer Softwareanpassung im September 2021 abgestellt werden

Im gesamten Erprobungszeitraum auf der Feuerwache Suarez produzierte der Range Extender rund 29,5 Betriebsstunden. Bereinigt um die Ausfallzeiten der externen Lademöglichkeit, hätte der Einsatz des Range Extenders auf unter 8 Betriebsstunden reduziert werden können.

Die beschriebenen Störungen durch das Softwareupdate und einen Defekt der Entlüftungspumpe der Feuerlöschkreiselpumpe führten im August 2021 zu einem längeren Serviceaufenthalt, wodurch das Projektfahrzeug nicht für den Einsatzdienst zur Verfügung stand. Auf Grund dessen wurde der Erprobungszeitraum auf der Feuerwache Suarez um vier Wochen verlängert.

Mit Blick auf die Kernanforderung der katastrophenschutzfesten Fahrzeugkonzeptionierung war die Erprobung auf der Feuerwache Suarez sehr wertvoll. Der Ausfall der Ladeinfrastruktur bestätigte die Ergebnisse aus den Fahrzeugabnahmen, wonach das Fahrzeugkonzept unter den heutigen Rahmenbedingungen des Zivil- und Katastrophenschutzes als katastrophenschutzfest angesehen werden kann. Das Auslegungsszenario, ein uneingeschränkter Fahrzeugeinsatz im Rahmen eines langanhaltenden flächendeckenden Stromausfalls in der Region Berlin/Brandenburg, kann durch die zu erwartende Energiebereitstellung in Form von Dieselmotoren erfüllt werden.

Die nachfolgenden Zusammenfassungen stellen projektrelevante Einsätze aus der Erprobungsphase auf der Feuerwache Suarez dar.

1. Brand Dachstuhl

Einsatzdatum/Uhrzeit	04.06.2021 / 10:39 Uhr
Einsatznummer	283
Einsatzstichwort	Brand 4 [Dach]
Einsatzlage	Brand eines Dachstuhls auf ca. 150 m ²
Löschmittel	Druckluftschäum, im späteren Verlauf Wasser
Einsatzdauer	270 min
Bemerkungen	Betrieb des Range Extender ist nach ca. 40 min DLS Betrieb bei einem SOC von 24 % manuell gestartet worden. Parallel zum Pumpenbetrieb erfolgte die Hebung des Batteriezustandes in ca. 70 min auf einen SOC von rund 80 % (max. konfigurierter SOC bei REX Betrieb). Die Rückfahrt erfolgte batterieelektrisch. Der Einsatz startete mit einem geminderten SOC (81 %).



Betriebszeiten und Verlauf des Ladezustandes (SOC) der Antriebsbatterie				
	Anfahrt	Einsatz	Rückfahrt	Summe
SOC %	81% → 67%	67% → 82%	82% → 65,5%	
Fahrstrecke [km]	10	0	10	20
Laufzeit FP [min]	0	145	0	145
DLS Laufzeit [min]	0	93	0	93
REX Laufzeit [min]	0	104	0	104

Tabelle 11: Feuerwache Suarez - 1. Einsatz

2. Brand Müllcontainer

Einsatzdatum/Uhrzeit	05.06.2021 / 21:55 Uhr
Einsatznummer	1389
Einsatzstichwort	Brand klein
Einsatzlage	Brand Müllcontainer
Löschmittel	Wasser
Einsatzdauer	74 min
Bemerkungen	Überdurchschnittliche Einsatzan- und Rückfahrt Der Einsatz startete mit einem geminderten SOC (76 %). Der Einsatz erfolgte in einem rein batterieelektrischen Modus ohne Betrieb des REX.

Betriebszeiten und Verlauf des Ladezustandes (SOC) der Antriebsbatterie				
	Anfahrt	Einsatz	Rückfahrt	Summe
SOC %	76% → 55%	55% → 45%	45% → 22%	
Fahrstrecke [km]	13,2	0,2	13,4	26,8
Laufzeit FP [min]	0	9	0	9
DLS Laufzeit [min]	0	0	0	0
REX Laufzeit [min]	0	0	0	0

Tabelle 12: Feuerwache Suarez - 2. Einsatz



3. Brand Dachstuhl

Einsatzdatum/Uhrzeit	06.06.2021 / 12:45 Uhr
Einsatznummer	677
Einsatzstichwort	Brand 4
Einsatzlage	Brand in einem ausgebauten Dachgeschoss
Löschmittel	Druckluftschäum
Einsatzdauer	121 min
Bemerkungen	Langer Einsatz der Druckluftschäumenanlage. Der Range Extender startete auf der Rückfahrt bei einem SOC von 20 % automatisch und hat diesen bis zum Eintreffen auf der Feuerwache auf rund 22 % gehoben.

Betriebszeiten und Verlauf des Ladezustandes (SOC) der Antriebsbatterie				
	Anfahrt	Einsatz	Rückfahrt	Summe
SOC %	99% → 96%	96% → 24%	24% → 22,5%	
Fahrstrecke [km]	0,7	0	0,7	1,4
Laufzeit FP [min]	0	108	0	108
DLS Laufzeit [min]	0	80	0	80
REX Laufzeit [min]	0	0	7	7

Tabelle 13: Feuerwache Suarez - 3. Einsatz

4. Wohnungsbrand

Einsatzdatum/Uhrzeit	20.06.2021 / 16:08 Uhr
Einsatznummer	1033
Einsatzstichwort	Brand 4
Einsatzlage	Wohnungsbrand im 2. OG
Löschmittel	Druckluftschäum
Einsatzdauer	94 min
Bemerkungen	Der Einsatz erfolgte in einem rein batterieelektrischen Betriebsmodus ohne Betrieb des REX.

Betriebszeiten und Verlauf des Ladezustandes (SOC) der Antriebsbatterie				
	Anfahrt	Einsatz	Rückfahrt	Summe
SOC %	91% → 83,5%	83,5% → 31%	31% → 23%	
Fahrstrecke [km]	2,7	0	2,7	5,4
Laufzeit FP [min]	0	64	0	64
DLS Laufzeit [min]	0	30	0	30
REX Laufzeit [min]	0	0	0	0

Tabelle 14: Feuerwache Suarez - 4. Einsatz

5. Großbrand

Einsatzdatum/Uhrzeit	01.10.2021 / 16:06 Uhr
Einsatznummer	955
Einsatzstichwort	Brand 6
Einsatzlage	Vollbrand einer Tischlerei ca. 300 m ²
Löschmittel	Druckluftschaum
Einsatzdauer	421 min
Bemerkungen	Großbrand mit langem Pumpeneinsatz Fahrzeug wurde mit der 2. Erhöhung der Alarmstufe alarmiert

Betriebszeiten und Verlauf des Ladezustandes (SOC) der Antriebsbatterie				
	Anfahrt	Einsatz	Rückfahrt	Summe
SOC %	98% → 37%	37% → 50%	50% → 85%	
Fahrstrecke [km]	14,6	0	16,2	30,8
Laufzeit FP [min]	0	135	0	135
DLS Laufzeit [min]	0	96	0	96
REX Laufzeit [min]	0	198	30	228

Tabelle 15: Feuerwache Suarez - 5. Einsatz

5.5 Erprobungsphase Feuerwache Schöneberg

Die Erprobungsphase auf der Feuerwache Schöneberg fand im Zeitraum vom 29.10.2021 bis zum 28.02.2022 statt. 29 Einsatzkräfte erhielten in einer 2-tägigen Technikschiung die Befähigung zum Führen und Bedienen des Projektfahrzeugs. Im genannten Erprobungszeitraum konnten mit dem Projektfahrzeug insgesamt 329 Einsätze bearbeitet werden, wobei 90 % der Einsätze rein batterieelektrisch, ohne Nutzung des Range Extenders



erfolgten. Der durchschnittliche Verbrauch an elektrischem Strom für den Betrieb des Fahrzeugs lag bei rund 21 kWh. Zu Beginn der Erprobung auf der Feuerwache Schöneberg stand die Ladeinfrastruktur nicht zur Verfügung. Hier kam es zu Verzögerungen bei der Installation. Das Fahrzeug konnte in diesem Zeitraum uneingeschränkt unter Verwendung des Range Extenders in einem dieselelektrischen Betrieb im Dienst verbleiben. In diesem Zeitraum von 13 Tagen hat das Fahrzeug 531 Einsatzkilometer und 92 Einsätze absolviert. Die Phase des dieselelektrischen Betriebs hatte auch in diesem Erprobungszeitraum einen erheblichen Einfluss auf den rein elektrischen Betriebsanteil, welcher um die Nichtverfügbarkeit der Ladeinfrastruktur bereinigt, mit den Ergebnissen des Zeitraums auf der Lehrrettungswache Mitte vergleichbar ist.

Die Erprobungsphase auf der Feuerwache Schöneberg wurde von zwei technischen Störungen begleitet, die zu Serviceaufenthalten beim Hersteller führten. Die erste Störung betraf die Hydraulikpumpe der Lenkunterstützung. Hier kam es zu einem elektrischen Ausfall der Pumpe, welcher sich auf die Lagerung dieser im Fahrzeug zurückführen ließ. Diese Erkenntnis führte zu einer direkten Anpassung des Serienfahrzeugs in diesem Punkt und konnte am Projektfahrzeug zügig angepasst werden. Die zweite Störung betraf die Entlüftungseinrichtung der Feuerlöschkreiselpumpe. Hier kam es bereits in der Erprobungsphase auf der Feuerwache Suarez zu einer technischen Störung. Die genaue technische Analyse führte zu Anpassungen im Bereich der Entlüftungseinrichtung beim Projektfahrzeug und einer veränderten Konstruktion beim Serienfahrzeug.

1. Wohnungsbrand

Einsatzdatum/Uhrzeit	19.11.2021 / 02:36 Uhr
Einsatznummer	458
Einsatzstichwort	Brand 4
Einsatzlage	Wohnungsbrand im 2. OG
Löschmittel	Druckluftschäum
Einsatzdauer	157 min
Bemerkungen	Der Range Extender hat sich nach 92 min Pumpen- und Druckluftschäumbetrieb bei einem SOC von 20 % automatisch zugeschaltet. Im Einsatzverlauf kam es zur Hebung des Batteriezustandes auf einen SOC von 77 %. Die Rückfahrt erfolgte batterieelektrisch.

Betriebszeiten und Verlauf des Ladezustandes (SOC) der Antriebsbatterie				
	Anfahrt	Einsatz	Rückfahrt	Summe
SOC %	99% → 96%	96% → 77%	77% → 74%	
Fahrstrecke [km]	1,4	0	1,8	3,2
Laufzeit FP [min]	0	138	0	138
DLS Laufzeit [min]	0	83	0	83
REX Laufzeit [min]	0	46	0	46

Tabelle 16: Feuerwache Schöneberg - 1. Einsatz



2. Brand im Freien

Einsatzdatum/Uhrzeit	23.12.2021 / 17:01 Uhr
Einsatznummer	10327
Einsatzstichwort	Brand 2
Einsatzlage	Brand gepresster Kartonagen, ca. 7 m ³ auf Freifläche
Löschmittel	Druckluftschäum
Einsatzdauer	106 min
Bemerkungen	Die Einsatzbearbeitung erfolgte in einem rein batterieelektrischen Betriebsmodus ohne Betrieb des REX.

Betriebszeiten und Verlauf des Ladezustandes (SOC) der Antriebsbatterie				
	Anfahrt	Einsatz	Rückfahrt	Summe
SOC %	100% → 94%	94% → 29%	29% → 20%	
Fahrstrecke [km]	3,1	0	3,5	6,6
Laufzeit FP [min]	0	76	0	76
DLS Laufzeit [min]	0	25,5	0	25,5
REX Laufzeit [min]	0	0	0	0

Tabelle 17: Feuerwache Schöneberg - 2. Einsatz

3. Fahrzeugbrand

Einsatzdatum/Uhrzeit	29.12.2021 / 06:00 Uhr
Einsatznummer	10400
Einsatzstichwort	Brand 1 KFZ
Einsatzlage	Vollbrand eines PKW
Löschmittel	Wasser
Einsatzdauer	37 min
Bemerkungen	Die Einsatzbearbeitung erfolgte in einem rein batterieelektrischen Betriebsmodus ohne Betrieb des REX.



Betriebszeiten und Verlauf des Ladezustandes (SOC) der Antriebsbatterie				
	Anfahrt	Einsatz	Rückfahrt	Summe
SOC %	100% → 98%	98% → 89%	89% → 84%	
Fahrstrecke [km]	1,4	0	2,8	4,0
Laufzeit FP [min]	0	19,5	0	19,5
DLS Laufzeit [min]	0	0	0	0
REX Laufzeit [min]	0	0	0	0

Tabelle 18: Feuerwache Schöneberg - 3. Einsatz

5.6 Schwierigkeiten und Lösungen

Während des Probebetriebes kam es zu verschiedenen Fragen der Bedienung, technischen Störungen am Fahrzeug und der Ladeinfrastruktur, welche zu einem überwiegenden Teil durch die 24 Stunden verfügbare Telefonhotline vom Technik-Bereich der Berliner Feuerwehr beantwortet bzw. behoben werden konnten. Die Bearbeitung von technischen Störungen, welche den Einsatz eines Servicetechnikers oder einen Werkstattaufenthalt notwendig machten, erfolgten kurzfristig durch die Firma Rosenbauer. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die relevanten technischen Störungen im Erprobungszeitraum und dem Status zum Projektende:

<u>Technische Störungen</u>	<u>Bearbeitungsstatus</u>
Defekt Schalldämpfer Bremsdruckluftversorgung	abgestellt
Überhitzung der DLS-Anlage bei langem Betrieb	abgestellt
Unregelmäßiger Ausfall der elektrischen Öffnung/Schließung der Geräteraumrollläden	Weiterentwicklungen mit dem Ziel der Erhöhung der technischen Zuverlässigkeit sind angestoßen
Ladungserhaltung des 24 V Elektrosystems	abgestellt
Defekte an Gerätelagerungen	abgestellt
Ausfall der Ladeinfrastruktur	abgestellt
Ausfall Entlüftungseinrichtung der Feuerlöschkreiselpumpe	abgestellt
Defekt Hydraulikpumpe Lenkunterstützung	abgestellt

Tabelle 19: Probleme und Lösungen während Probebetriebes

6 Fazit

Das Projekt eLHF war für die Berliner Feuerwehr ein sehr zeitintensives, aber spannendes Projekt, welches national und international mit großem Interesse verfolgt wurde. Durch das Vergabeinstrument der Innovationspartnerschaft hatte die Berliner Feuerwehr die Möglichkeit, die Entwicklung eines neuen Fahrzeugkonzeptes sehr eng zu begleiten. Diese enge Begleitung ermöglichte es, gemeinsam mit der Industrie ein Fahrzeug zu entwickeln, welches die zukünftigen Anforderungen an ein Löschfahrzeug im urbanen Einsatzgebiet deutlich besser erfüllen kann, als es durch bisher verfügbare Fahrzeuglösungen der Fall war. Im Zentrum der Entwicklung standen die Kernanforderungen.

Insbesondere die Reduzierung der Treibhausgasemissionen ist an dieser Stelle als Treiber für das Projekt zu nennen. Hier konnte der Zielindikator von 14,7 t CO₂-Äq auf Grund der verschiedenen Projekteinflüsse im ersten Erprobungsjahr praktisch noch nicht erreicht werden. Die Erprobung und theoretische Hochrechnung (Interpolation) hat aber gezeigt, dass dieses gesteckte Ziel deutlich übererfüllt werden kann. Bezogen auf die Einsatzzahlen erfolgte der Betrieb des Fahrzeuges in 90,7 % aller Einsätze in einem rein batterieelektrischen Betriebsmodus. Hier gibt es Potenziale, diesen Anteil noch deutlich zu erhöhen.

Im Rahmen der Fahrzeugtests und in der Erprobung des Fahrzeuges auf den Feuerwachen konnte das Fahrzeug mit Blick auf die Katastrophenschutzfestigkeit überzeugen. Dieser Punkt ist für die Integration des Fahrzeugkonzeptes immens wichtig. Die Berliner Feuerwehr ist mit ihrer Fahrzeugtechnik ein relevanter Bestandteil des Katastrophenschutzsystems des Landes Berlin und die Kompatibilität neuer Fahrzeugtechnik muss zwingend erfüllt sein.

Das neue Antriebskonzept, unter Verwendung von Elektromotoren für den Fahr- und Pumpenbetrieb, hat viele Vorteile für den Einsatzbetrieb aufgezeigt. Der überwiegende Teil der Einsatzkräfte, welche an der Erprobung teilgenommen haben, empfinden die Arbeit mit dem Fahrzeug als angenehmer. Die Lärm- und Abgasreduzierung während der Nutzung des Fahrzeuges wird als Vorteil an Einsatzstellen, im Übungsdienst und beim Ein- und Ausfahren in bzw. aus der Fahrzeughalle gesehen. Die Reduzierung des Verkehrslärms außerhalb der Fahrten mit Sonder- und Wegerechten ist deutlich wahrnehmbar.

Die grundsätzliche Neugestaltung der Fahrzeugarchitektur, welche durch die neue Antriebstechnologie ermöglicht wurde, bietet viele Verbesserungen für den betrieblichen Gesundheitsschutz. Beispielhaft ist hier der komplette Verzicht auf die Dachbeladung, welche bei herkömmlichen Fahrzeugkonzepten in der Regel nur vom Dach aus zu entnehmen ist, zu nennen. Die Umgestaltung ermöglichte es, die Beladung im Fahrzeugaufbau unterzubringen bzw. für die verbleibenden Geräte mit Entnahmehilfen einen sicheren Zugriff zu gewährleisten. Ein Aufstieg auf das Fahrzeugdach, mit einhergehender Absturzgefahr, ist bei diesem Konzept nicht mehr notwendig. Des Weiteren ist der ergonomische und sichere Ein- und Ausstieg aus dem Mannschaftsraum, vor allem für Einsatzkräfte in Schutzkleidung und mit Ausrüstung, sehr vorteilhaft und kann zur Reduzierung von Dienstunfällen beim Verlassen des Fahrzeuges beitragen. Der Verzicht auf Gerätetiefraumklappen lässt in diesem Punkt ebenfalls Vorteile erwarten. Trotz dieser Umgestaltungen ist es zu keiner Verringerung des verfügbaren Beladerraumvolumens gekommen.

Die neue Gestaltung des Mannschaftsraumes mit der Integration des Maschinisten und des Einheitsführers in eine Fahrzeugkabine hat die Kommunikation insbesondere auf der Anfahrt zu einem Einsatz deutlich verbessert. Der Informationsaustausch in dieser Einsatzphase ist als sehr elementar anzusehen. Die Verbesserungen, im Vergleich zu konventionell gestalteten Mannschaftsräumen, konnten durch die Einsatzkräfte in der Erprobung bestätigt werden.

Die Fahrzeugtests und die Erprobung des Fahrzeugkonzeptes im Einsatzdienst der Berliner Feuerwehr können als Erfolg gewertet werden. Für die Zukunft ist es geplant, notwendige



Ersatzbeschaffungen im Bereich der Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeuge auf dieses bzw. vergleichbare Fahrzeugkonzepte auszurichten.



7 Anhänge

7.1 Berechnung Einsparpotential an Treibhausgasen zum Projektbeginn

Berechnungsformular FS 4: 1213-B4-N Bln. Feuerwehr

Treibhausgas (THG)-Emissionen von der Quelle bis zum Rad

(WTW - Well to Wheel)

Ist (Bestand, konventionell)

Angaben Fzg. und Verbrauch	Einheit	Werte
1 Fahrzeug; Bestand	-	Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeug
2 Treibstoff	-	Diesel D7
3 Jahresverbrauch	l/a	5.550,00

Berechnung WTW-THG-Emissionen	Einheit	Werte
4= s. Tab. 1 Emissionsfaktor Diesel D7	kg/l CO ₂ -Äq	3,15
5=3*4 jährliche WTW-THG-Emissionen	kg/a CO ₂ -Äq	17.482,50

Soll (e-Nfz)

Angaben Fzg. und Verbrauch	Einheit	Werte
6 Neufahrzeug: e-Nfz mit Range Extender	-	Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeug
Verbrauch: Anteil elektrisch	%	80,00
Angaben zu Range Extender		
7 Treibstoff Range Extender	-	Diesel D7
8 Verbrauch: Anteil Diesel D7	%	20,00

Ermittlung Verbrauch Range Extender über Basis vergleichbares konv. Neufzg.

9 Jahresverbrauch vglb. konv. Neufzg.	l/a	4.440,00
---------------------------------------	-----	----------



10=8*9	Jahresverbrauch Range Extender (hier 20 % des Jahresverbrauchs vglb. konven. Neufzg.)	l/a	888,00
--------	---	-----	--------

Berechnung WTW-THG-Emissionen		Einheit	Werte
Berechnung THG-Emission für Verbrauchsanteil Ökostrom entfällt da "0,0".			
11	Emissionsfaktor Diesel D7	kg/l CO ₂ -Äq	3,15
12=10*11	jährliche WTW-THG-Emissionen	kg/a CO ₂ -Äq	2.797,20

THG-Emissionsvermeidung			
13=5	Ist (Bestand, konventionell)	kg/a CO ₂ -Äq	17.482,50
14=12	Soll (e-Nfz)	kg/a CO ₂ -Äq	2.797,20
15=13-14	THG-Emissionsvermeidung	kg/a CO₂-Äq	14.685,30

Tab. 1: Emissionsfaktoren - Quelle EN 16258

Treibstoff	Einheit	Well-to-Wheel
Benzin	kg/l CO ₂ -Äq	2,88
Benzin E5	kg/l CO ₂ -Äq	2,80
Benzin E10	kg/l CO ₂ -Äq	2,72
Diesel	kg/l CO ₂ -Äq	3,24
Biodiesel	kg/l CO ₂ -Äq	1,92
Diesel D7	kg/l CO ₂ -Äq	3,15
Wind, PV, Wasserkraft ("Ökostrom")	g/kWh CO ₂ -Äq	0,00

E5 = 5 Vol.-% Bioethanol. ; E10 = 10 Vol.-% Bioethanol. ; D7 = 7 Vol.-% Biodiesel.

7.2 Ermittlung Einsparung CO₂-Äquivalent im Projektzeitraum

	Einheit	Projektfahrzeug	Fahrzeug (Bestand)*
Einsatztage	d	228	228
Fahrleistung	km	8.900	8.900
Jahresfahrleistung	km	14.248	14.248
Kraftstoffverbrauch	l/100 km		42,70
Kraftstoffverbrauch im Erprobungszeitraum	l	545	3.800
Kraftstoffverbrauch Jahr	l/a	872	6.084
Emissionsfaktor Diesel D7		3,15	3,15
WTW-THG-Emissionen im Erprobungszeitraum	kg CO ₂ -Äq	1.717	11.971
jährliche WTW-THG-Emissionen	kg/a CO ₂ -Äq	2.748	19.164
THG-Emissionsvermeidung im Projektzeitraum	kg CO ₂ -Äq	10.254	
jährliche THG-Emissionsvermeidung	kg/a CO ₂ -Äq	16.416	

* Aktuelle Generation Berliner Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeuge MAN TGM 4x2, Euro 6 Diesel, Baujahr 2016 bis 2020

Emissionsfaktoren - Quelle EN 16258		
Treibstoff	Einheit	Well-to-Wheel
Benzin	kg/l CO ₂ -Äq	2,88
Benzin E5	kg/l CO ₂ -Äq	2,8
Benzin E10	kg/l CO ₂ -Äq	2,72
Diesel	kg/l CO ₂ -Äq	3,24
Biodiesel	kg/l CO ₂ -Äq	1,92
Diesel D7	kg/l CO ₂ -Äq	3,15
Wind, PV, Wasserkraft ("Ökostrom")	g/kWh CO ₂ -Äq	0

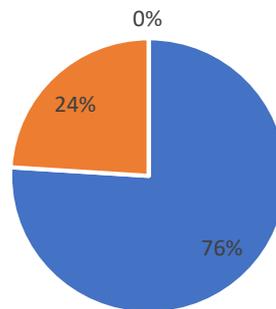
E5 = 5 Vol.-% Bioethanol. ; E10 = 10 Vol.-% Bioethanol. ; D7 = 7 Vol.-% Biodiesel.



7.3 Befragung zum Projektfahrzeug - Gesamtergebnisse der drei Feuerwachen

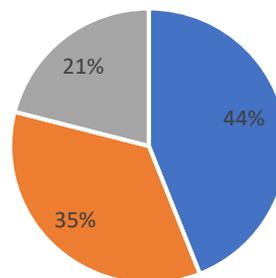
Wie gefällt dir die voll-integrierte Kabine (Fahrerhaus und Mannschaftsraum sind ein integrierter Raum) im eLHF (insbes. in Hinblick auf Kommunikation) während der Fahrt, als auch bei Stillstand am Einsatzort?

- Besser als im klassischen LHF
- Die räumliche Trennung im klassischen LHF in Ordnung
- Ist mir egal



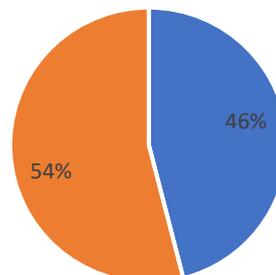
Wie oft hast du die Drehfunktion der vorderen Sitze genutzt?

- Regelmäßig, mehrmals in der Woche
- Wenig, einmal bis zweimal im Monat
- Nie



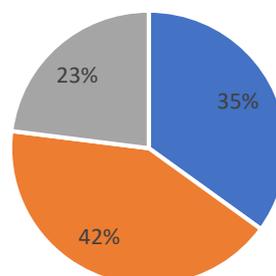
Ist die Drehfunktion der vorderen Sitze notwendig?

- Ja
- Nein



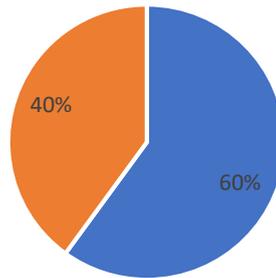
Wie empfindest du die seitliche Sitzposition auf den Trupp-Sitzen bei der Fahrt?

- Ich komme mit der Sitzposition gut zurecht
- Es ist ungewohnt seitlich zu sitzen
- Ich kann mich an diese Sitzposition nicht gewöhnen



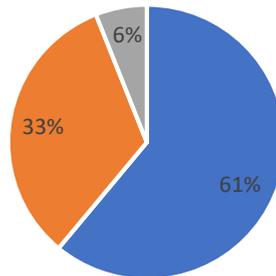
Welche Sitzposition bevorzugst du auf den Trupp-Sitzen?

- In Fahrtrichtung und Gegenfahrtrichtung wie im klassischen LHF
- Seitlich zur Fahrtrichtung wie im eLHF



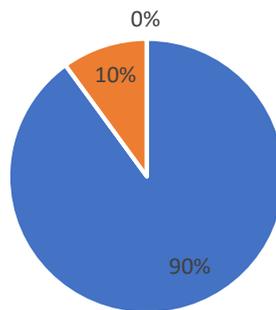
Ist die Fahrer- und Beifahrertür groß genug um auch mit Einsatzkleidung gut Ein- /Aussteigen zu können?

- Ja, ich habe keine Probleme beim Ein- /Aussteigen
- Ja, aber es ist recht eng
- Nein, mir sind die Türen zu klein



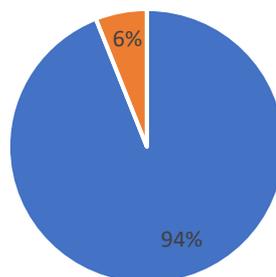
Sind die hinteren Türen groß genug um auch mit Einsatzkleidung / Pressluftatmer gut Ein- /Aussteigen zu können?

- Ja, ich habe keine Probleme beim Ein- /Aussteigen
- Ja, aber es ist recht eng
- Nein, mir sind die Türen zu klein



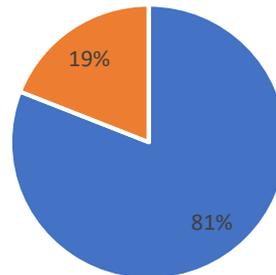
Ermöglichten die Trittstufen in die Kabine ein sicheres, zügiges und ergonomisches Betreten und Verlassen?

- Ja, ein sicheres, zügiges und ergonomisches Betreten und Verlassen ist jeder Zeit möglich
- Nein, die Benutzung ist eher unsicher



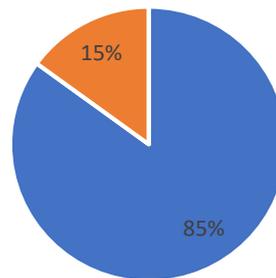
Sind die Menüs auf dem Zentralsdisplay verständlich angeordnet?

- Ja, ich finde schnell was ich suche
- Nein, ich habe Probleme mich zurechtzufinden



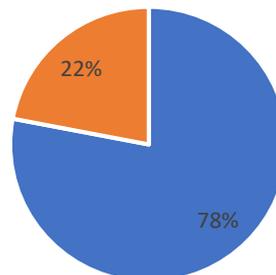
Sind die Funktionen in den Menüs übersichtlich / verständlich dargestellt?

- Ja, es ist gut erkennbar was mit den Symbolen gemeint ist
- Nein, ich kann die Symbole oft nicht eindeutig zuordnen



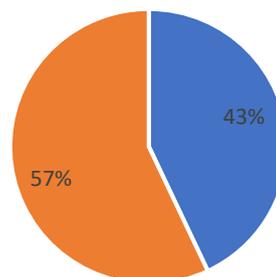
Sind die Bildschirme des Spiegellersatzsystems groß genug dimensioniert?

- Ja, die Bildschirme sind groß genug
- Nein, die Bildschirme sind mir zu klein



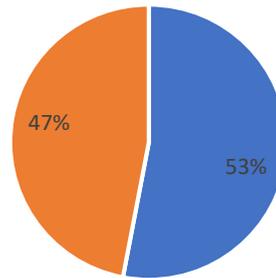
Ist der Blickwinkel durch das Spiegellersatzsystem groß genug dargestellt?

- Ja, der Blickwinkel ist groß genug und ich kann alle notwendigen Bereiche im Umfeld einsehen
- Nein, ich habe Probleme mit dem Blickwinkel und sehe nicht genug



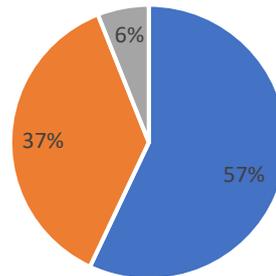
Sind die Bildschirme vom Spiegelsatzsystem gut positioniert?

- Ja, die Bildschirme sind gut positioniert
- Nein, es gibt Bildschirme, die nicht optimal positioniert sind



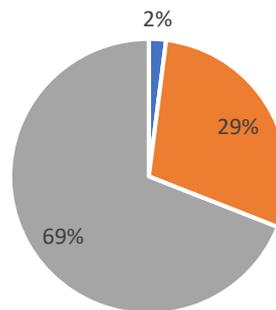
Wie ist die Sicht auf den Bildschirmen vom Spiegelsatzsystem bei Tag?

- Gut, ich hatte keine Probleme
- Akzeptabel, es gab aber Situationen in denen ich Probleme hatte
- Schlecht, ich kann mit dem System am Tag nicht sicher fahren



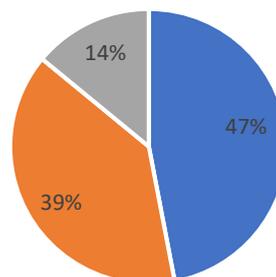
Wie ist die Sicht auf den Bildschirmen vom Spiegelsatzsystem bei Nacht?

- Gut, ich hatte keine Probleme
- Akzeptabel, es gab aber Situationen in denen ich Probleme hatte
- Schlecht, ich kann mit dem System bei Nacht nicht sicher fahren



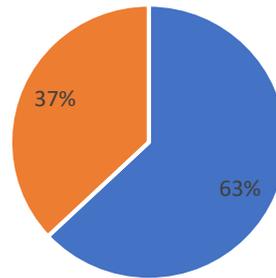
Ist das Spiegelsatzsystem hilfreich im Sinne einer schmaleren Fahrzeugbreite, wenn's mal enger hergeht?

- Ja, erlaubt ein zügigeres Durchfahren von Engstellen
- Nein, das bringt eigentlich nichts
- Kann ich nicht beurteilen



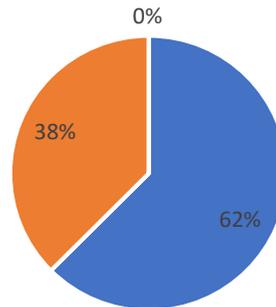
Würdest du klassische Außenspiegel dem Spiegeleratzsystem vorziehen?

- Ja, ich würde die klassischen Außenspiegel bevorzugen
- Nein, ich würde das Spiegeleratzsystem des eLHF vorziehen



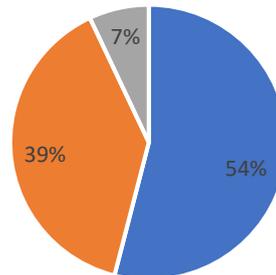
Wie ist der Blick auf das Verkehrsgeschehen nach links aus dem Fahrzeug?

- Sehr gut, ich kann das Verkehrsgeschehen ohne Einschränkungen wahrnehmen
- Ausreichend, mich stören Kleinigkeiten bei der Sicht auf den Verkehr
- Schlecht, ich kann so nicht sicher fahren



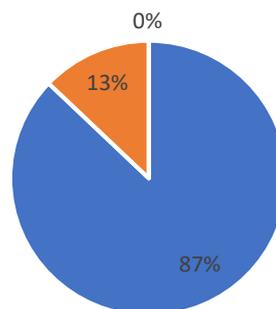
Wie ist der Blick auf das Verkehrsgeschehen nach rechts aus dem Fahrzeug?

- Sehr gut, ich kann das Verkehrsgeschehen ohne Einschränkungen wahrnehmen
- Ausreichend, mich stören Kleinigkeiten bei der Sicht auf den Verkehr
- Schlecht, ich kann so nicht sicher fahren



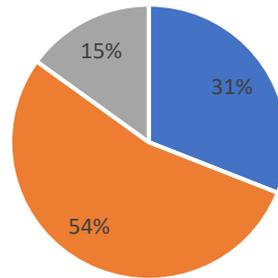
Wie ist der Blick auf das Verkehrsgeschehen nach vorne aus dem Fahrzeug?

- Sehr gut, ich kann das Verkehrsgeschehen ohne Einschränkungen wahrnehmen
- Ausreichend, mich stören Kleinigkeiten bei der Sicht auf den Verkehr
- Schlecht, ich kann so nicht sicher fahren



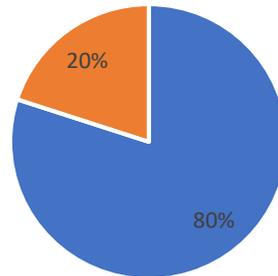
Sind die Geräte trotz fehlender Tiefraumklappen einfach zu entnehmen?

- Ja, auch die oben gelagerten Geräte konnte ich ohne Tiefraumklappen einfach entnehmen
- Überwiegend ja, aber bei einigen oben gelagerten Geräten hatte ich Probleme
- Nein, ohne die Tiefraumklappen kann ich viele Geräte nicht sicher entnehmen



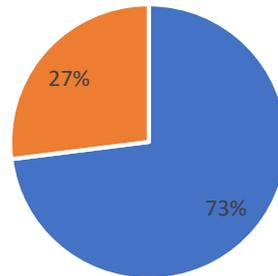
Sind die elektrischen Rollläden einfach zu bedienen?

- Ja, die Bedienung ist einfach und verständlich
- Nein, ich hatte Probleme mit der Bedienung



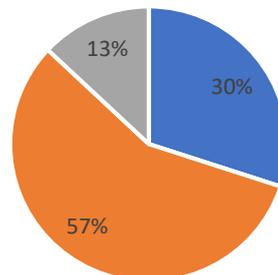
Welche Bauart von Rollläden würdest du an einem LHF bevorzugen?

- Manuelle Rollläden wie am klassischen LHF
- Elektrische Rollläden wie am eLHF



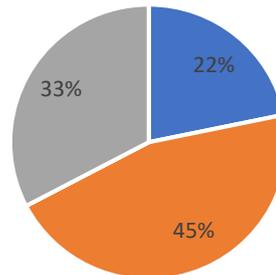
Wie oft hast du die Niveauregulierung des Fahrwerks genutzt?

- Regelmäßig, mehrmals in der Woche
- Wenig, einmal bis zweimal im Monat
- Nie



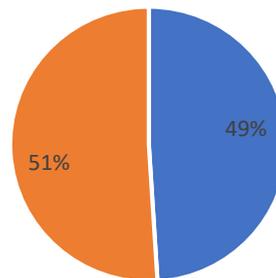
Wie oft hast du die Allrad-Lenkung genutzt?

- Regelmäßig, mehrmals in der Woche
- Wenig, einmal bis zweimal im Monat
- Nie



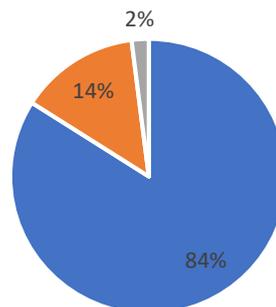
War die Allrad-Lenkung auf Alarmfahrten hilfreich?

- Ja, in engen Straßen war es eine Hilfe
- Nein, mir bringt es keine Vorteile



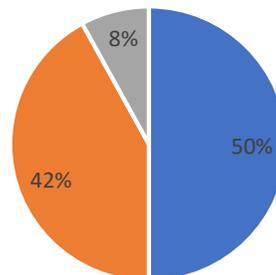
Ist die Beschleunigung des eLHF auf Alarmfahrten ausreichend?

- Ja, das eLHF hat genug Leistung um zügig voranzukommen
- Ja, aber die Beschleunigung könnte besser sein
- Nein, das eLHF ist für Alarmfahrten zu langsam



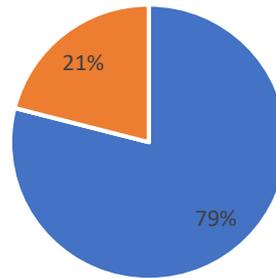
Wie beurteilst du das Fahrverhalten des eLHF bei Kurvenfahrten?

- Sehr gut, das eLHF lässt sich in jeder Situation kontrollieren
- Gut, aber ich musste mich erst an das Fahrverhalten gewöhnen
- Unsicher, ich bin mit dem Fahrverhalten nicht zufrieden



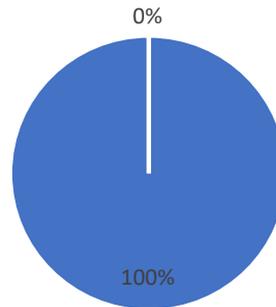
Nehmen andere Verkehrsteilnehmer das eLHF ohne Sonderrechte rechtzeitig wahr?

- Ja, ich hatte immer den Eindruck, dass wir im eLHF wahrgenommen werden
- Nein, ich hatte mehrmals den Eindruck, dass Verkehrsteilnehmer das eLHF nicht bemerken



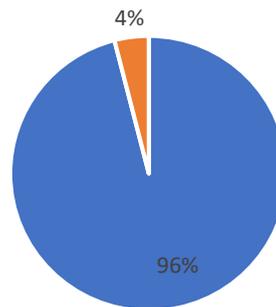
Ist die Umfeldbeleuchtung im Dunkeln hell genug?

- Ja, die Helligkeit der Umfeldbeleuchtung ist gut
- Nein, die Umfeldbeleuchtung sollte heller sein



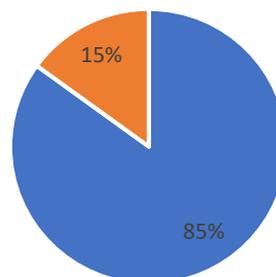
Ist die von der Umfeldbeleuchtung ausgeleuchtete Fläche groß genug?

- Ja, die ausgeleuchtete Fläche ist groß genug
- Nein, die ausgeleuchtete Fläche ist zu klein



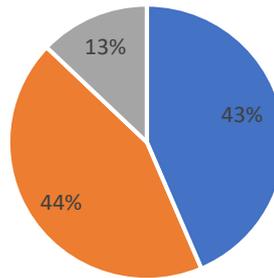
Ist die Funktion Nah / Fern Umfeldbeleuchtung für dich sinnvoll?

- Ja
- Nein



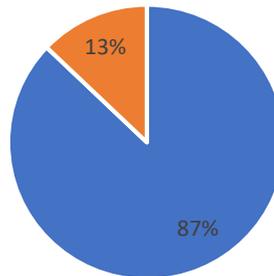
Wie oft hast du die Umschaltfunktion für die Nah/Fern Umfeldbeleuchtung genutzt?

- Regelmäßig, mehrmals in der Woche
- Wenig, einmal bis zweimal im Monat
- Nie



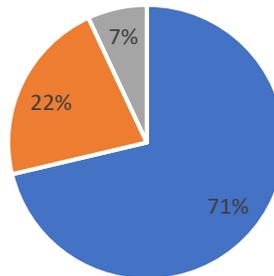
Erkennst du einen Unterschied in der Umfeldbeleuchtung im Vergleich zu einem klassischen LHF?

- Ja, die Ausleuchtung am eLHF ist besser
- Nein, ich kann keinen Unterschied erkennen



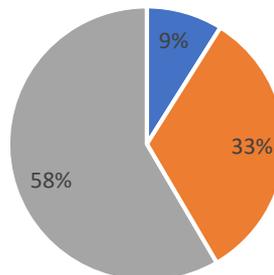
Lässt sich die Pumpe mit dem Bedienpanel einfach bedienen?

- Ja, ich komme mit der Bedienung der Pumpe gut zurecht
- Ja, aber die Bedienung der Pumpen am klassischen LHF gefällt mir besser
- Nein, ich komme mit dem Bedienpanel nicht zurecht



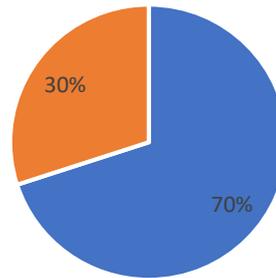
Hast du die Möglichkeit der Pumpenbedienung über das Zentralsdisplay genutzt?

- Ja, ich habe es regelmäßig genutzt
- Ja, aber nur sehr selten
- Nein, ich habe es gar nicht genutzt



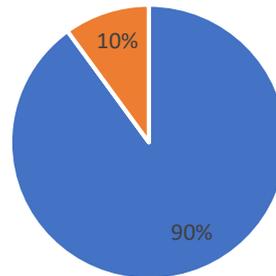
Was hältst du von der Möglichkeit der Pumpenbedienung am Zentraldisplay?

- Ich finde die Lösung gelungen, sie ist für den Einsatzdienst sehr sinnvoll
- Die Pumpensteuerung über das Zentraldisplay wird im Feuerwehrfahrzeug nicht benötigt



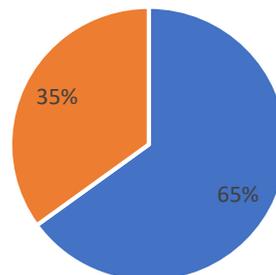
Ist der Wasserabgang an der Fahrzeugfront eine sinnvolle Ergänzung für den Einsatz des Fahrzeugs?

- Ja, er sollte an den zukünftigen Löschfahrzeugen verbaut werden
- Nein, der zusätzlich Abgang wird nicht benötigt



Ist die Tankzustandsanzeige (Wasser-/Schaummitteltank) an den Fahrzeugseiten eine sinnvolle Ergänzung für den Einsatz des Fahrzeugs?

- Ja, es sollte an den zukünftigen Löschfahrzeugen verbaut werden
- Nein, die Anzeige wird nicht benötigt



Sind Tätigkeiten am eLHF durch den nicht laufenden Dieselmotor angenehmer? Z.B. bei der Be-/Entnahme von Geräten.

