

BACHELORARBEIT

Elektromobilität in der Stadt- und Landrettung: Eine Vergleichsstudie

vorgelegt am 30.11.2022 von
Florian Schaefer



1. Prüfer: Prof. Dr. Frank Hörmann (HAW HAMBURG)
2. Prüfer: Prof. Dr. Karsten Loer (HAW HAMBURG)

**HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN HAMBURG**

Fakultät Life Sciences

Ulmenliet 20

21033 Hamburg

Zusammenfassung

Klimawandel, Ressourcenknappheit und Energiekrisen rücken die Elektromobilität in den letzten Jahren immer mehr in den Fokus. Notwendige ökologische Bestrebungen und das Ziel der Klimaneutralität zeigen, wie wichtig ein Umstieg auf alternative Antriebe ist.

Das Ziel dieser Arbeit lag in der Untersuchung, ob die Elektromobilität auch im Rettungsdienst eine Perspektive hat und wie stark die Unterschiede zwischen Stadt und Land diese potenzielle Implementierung beeinflussen. Dafür wurden Experteninterviews durchgeführt, deren Resultate mit den theoretischen Grundlagen verglichen, analysiert und abschließend beurteilt wurden. Aus dieser Bewertung heraus konnte eine Zukunftsperspektive aufgezeigt und eine weiterführende Forschungsempfehlung entwickelt werden.

Hinweis

Aus Gründen der Lesbarkeit wird in dieser Arbeit nur die männliche Form benutzt. Alle Bezeichnungen gelten für jegliche Geschlechter entsprechend.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	II
Inhaltsverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	IX
Abbildungsverzeichnis	IX
Glossar	IX
1 Einleitung	11
1.1 Thematische Einführung	11
1.2 Forschungsmotivation und Forschungsfrage	12
1.3 Aufbau der Arbeit	12
2 Theoretische Grundlagen	13
2.1 Elektromobilität	13
2.1.1 Überblick	13
2.1.1.1 Geschichte der E-Mobilität	13
2.1.1.2 Unterschiede der Antriebsarten	14
2.1.1.3 Potenziale und Probleme des Elektroantriebes	14
2.1.1.3.1 Vorteile	14
2.1.1.3.2 Nachteile	16
2.1.2 Elektro-PKW	18
2.1.2.1 Batterieelektrische Fahrzeuge	18
2.1.2.2 Fahrzeuge mit Elektroantrieb und Range Extender	19
2.1.2.3 Fahrzeuge mit Elektromotorunterstützung: Hybride	19
2.1.2.3.1 Mikro-Hybride	20
2.1.2.3.2 Mild-Hybride	20
2.1.2.3.3 Voll-Hybride	21
2.1.2.3.4 Plug-In-Hybride	21
2.1.2.4 Brennstoffzellenfahrzeug mit Wasserstoff	22
2.1.3 Weitere Elektrofahrzeuge	23
2.1.3.1 Elektrobusse	23
2.1.3.2 Elektro-Nutzfahrzeuge	23

2.1.3.3	Zweiräder mit Elektroantrieb	24
2.1.3.4	Elektro-Flugzeuge	24
2.1.3.5	Segway	25
2.1.3.6	Motorräder.....	25
2.1.4	Ladeinfrastruktur.....	26
2.2	Rettungsdienst.....	27
2.2.1	Definition.....	27
2.2.2	Organisation	28
2.2.3	Durchführung.....	28
2.2.4	Rettungskette	29
2.2.5	Rettungsmittel.....	30
2.2.6	Rettungsdienstfachpersonal	30
2.2.7	Stadt- und Landrettung im Vergleich.....	31
2.2.7.1	Rettungsdienstimmanente Faktoren	32
2.2.7.2	Externe Faktoren	32
2.3	Forschungsstand der Elektromobilität im Rettungsdienst.....	33
2.3.1	Überblick	33
2.3.2	Teststandorte	35
2.3.3	Pilotprojekte	36
2.3.3.1	Anmerkungen zur Tabelle.....	37
2.3.3.2	Schlussfolgerungen aus der Tabelle	37
2.3.3.3	Ergebnisse der Pilotprojekte	38
2.3.3.3.1	Wirtschaftlichkeit.....	38
2.3.3.3.2	Benutzerfreundlichkeit	38
2.3.3.3.3	Ladeinfrastruktur	39
2.3.3.3.4	Umsetzbarkeit.....	39
2.4	Elektromobilität bei der Feuerwehr	41
3	Methode	42
3.1	Umfang der Analyse.....	42
3.2	Qualitative Forschung.....	42
3.3	Experteninterview	43
3.3.1	Leitfaden.....	44
3.3.2	Aufzeichnung, Transkription und Auswertung.....	46
3.3.3	Auswahl der Experten.....	47

4	Ergebnisse	48
4.1	Wirtschaftlichkeit	49
4.1.1	Anschaffungskosten	49
4.1.2	Fördergelder	50
4.1.3	Betriebskosten	50
4.2	Benutzerfreundlichkeit	50
4.2.1	Fahrgefühl und Geräuschkulisse	50
4.2.2	Motivation	51
4.2.3	Einsatz- und Arbeitsablauf	51
4.3	Auswirkungen auf die Patienten	52
4.4	Ladeinfrastruktur	53
4.4.1	Lademöglichkeiten	53
4.4.2	Ausbau der Ladeinfrastruktur	53
4.5	Umsetzbarkeit	54
4.5.1	Allgemein	54
4.5.1.1	Qualitätsansprüche	54
4.5.1.2	Kritikpunkte	54
4.5.1.3	Hybridlösung in der Landrettung	55
4.5.1.4	Technik	55
4.5.1.5	Brandschutzkonzepte	56
4.5.1.6	Großschadenslagen und lange Standzeiten	56
4.5.1.7	Folgeeinsätze	57
4.5.1.8	Anhaltender Stromausfall	57
4.5.2	Stadtrettung	57
4.5.3	Landrettung	58
4.6	Ausblick	59
5	Diskussion	60
5.1	Zusammenfassung der Ergebnisse	60
5.2	Methodenkritik	60
5.3	Kategorien	62
5.3.1	Wirtschaftlichkeit	62
5.3.2	Benutzerfreundlichkeit	62
5.3.3	Auswirkungen auf die Patienten	63

5.3.4	Ladeinfrastruktur.....	64
5.3.5	Umsetzbarkeit.....	65
5.4	Empfehlungen.....	67
6	Fazit	69
	Danksagung	71
	Literaturverzeichnis	72
	Eidesstattliche Erklärung	76
	Anhang	77
Anhang 1	Experteninterview Nr. 1 (E1).....	77
Anhang 2	Experteninterview Nr. 2 (E2).....	82
Anhang 3	Experteninterview Nr. 3 (E3).....	91
Anhang 4	Leitfaden für die Experteninterviews	98

Abkürzungsverzeichnis

AC - Wechselstrom

Ah - Amperestunde

Akku - Akkumulator

ASB - Arbeiter-Samariter-Bund

BF - Berufsfeuerwehr

bzw. - beziehungsweise

ca. - circa

CO₂ - Kohlenstoffdioxid

DC - Gleichstrom

d.h. - das heißt

DIN - Deutsches Institut für Normen e.V.

DLRG - Deutsche Lebens-Rettungs-Gesellschaft

DRK - Deutsches Rotes Kreuz

E-Bus - Elektrobuss

EKG - Elektrokardiogramm

E-KTW - Elektrokrankentransportwagen

E-LHF - Elektrolösch- und Hilfeleistungsfahrzeug

E-Mobilität - Elektromobilität

E-RTW - Elektrorettungswagen

etc. - et cetera

FFW - Freiwillige Feuerwehr

FW - Feuerwehr

ggf. - gegebenenfalls

HiOrg - Hilfsorganisation

JUH - Johanniter-Unfall-Hilfe

KFZ - Kraftfahrzeug

kg - Kilogramm

KH - Krankenhaus

km - Kilometer

km/h - Kilometer pro Stunde
KTW - Krankentransportwagen
kW - Kilowatt
kWh - Kilowattstunde
LHF - Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeug
Li - Lithium
LKW - Lastkraftwagen
LRF - Löschrettungsfahrzeug
MANV - Massenanfall von Verletzten
max. - maximal
MHD - Malteser Hilfsdienst
NA - Notarzt
NAW - Notarztwagen
NEF - Notarzteinsatzfahrzeug
NFS - Notfallsanitäter
NKTW - Notfallkrankentransportwagen
PKW - Personenkraftwagen
RH - Rettungshelfer
RD - Rettungsdienst
RA - Rettungsassistent
RS - Rettungssanitäter
RTW - Rettungswagen
SRB - Seenotrettungsboot
SRK - Seenotrettungskreuzer
u.a. - unter anderem
usw. - und so weiter
V - Volt
vs. - versus
WAS - Wietmarscher Ambulanz- und Sonderfahrzeug GmbH
z. B. - zum Beispiel
ZNA - Zentrale Notaufnahme

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die Pilotprojekte	36
Tabelle 2: Die Interviewpartner.....	47

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lohner-Porsche	13
Abbildung 2: Hybridisierungsgrad mit steigender elektrischer Leistung des Elektromotors.....	20
Abbildung 3: Rettungskette	29
Abbildung 4: E-Ambulanz der Firma WAS 2022	34
Abbildung 5: Wesentliche Leistungsmerkmale des 5,5 Tonnen E-RTW	34

Glossar

Brennstoffzelle

„Galvanische Zelle zur Stromerzeugung aus dem Energieträger Wasserstoff“¹.

E-Fuel

„Bezeichnung für synthetische Kraftstoffe, die aus elektrischer Energie gewonnen werden“².

„Grauer“ Strom

Nicht regenerativ erzeugter Strom.

„Grauer“ Wasserstoff

Nicht regenerativ hergestellter Wasserstoff.

„Grüner“ Strom

¹ Karle 2021: 244.

² Doppelbauer 2020: XVIII.

Regenerativ erzeugter Strom.

„Grüner“ Wasserstoff

Regenerativ hergestellter Wasserstoff.

Notfallpatienten

„[...] Kranke oder Verletzte, die sich in unmittelbarer Lebensgefahr befinden oder bei denen schwere gesundheitliche Schäden zu befürchten sind, wenn sie nicht unverzüglich medizinische Hilfe erhalten“³.

Range Extender (REX)

Reichweitenverlängerer, meistens mittels Verbrennungsmotor oder Brennstoffzelle⁴.

Rekuperation

„Rückgewinnung von Bremsenergie [...] durch aktives Bremsen oder beim Schubbetrieb [...]“⁵.

Tank-to-Wheel

„Vom Tank (bzw. von der Steckdose) bis zum Rad: Ausnutzung des zugeführten Kraftstoffs bzw. der zugeführten Energie im Fahrzeug“⁶.

Trittbrett

Hier: Hilfe für den seitlichen Einstieg der Patienten in Krankentransport- und Rettungswagen.

Vehicle to Grid

„Bei Bedarf und Möglichkeit wird die Energie des Fahrzeugakkus in das Stromnetz zur Netzpufferung zurückgespeist“⁷.

Wallbox

Lademöglichkeit für Elektroautos⁸.

Well-to-Wheel

„Von der Quelle bis zum Rad: gesamter Energieverbrauch einschließlich des Verbrauchs bei der Kraftstoffbereitstellung bzw. bei der Energieerzeugung“⁹.

³ Luxem, Kühn, Runggaldier 2010: 444.

⁴ Karle 2021: 246.

⁵ Ebd.: 246.

⁶ Ebd.: 246.

⁷ Ebd.: 247.

⁸ Doppelbauer 2020: 291.

⁹ Karle 2021: 247.

1 Einleitung

1.1 Thematische Einführung

Die Elektromobilität in Deutschland ist auf dem Vormarsch. Es werden immer mehr Elektroautos zugelassen, so dass laut Kraftfahrt-Bundesamt die Anzahl der rein mit Elektroantrieb ausgestatteten Personenkraftwagen 2022 im Vergleich zu 2019 um mehr als das Dreifache anstieg¹⁰. Steigende Kraftstoffpreise, eine angestrebte Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen, sowie das Ziel der Klimaneutralität Deutschlands bis 2045 beschleunigen diesen Prozess¹¹. Darüber hinaus machen technische Verbesserungen der Elektroautos und zunehmende Effizienzsteigerungen eine Umstellung auf E-Mobilität immer realistischer.

Nun stellt sich die Frage, ob sich die E-Mobilität auch in den Regelrettungsdienst implementieren lässt. Der bisherige Treibstoff Diesel ist praktisch, da sich das Fahrzeug innerhalb von Minuten betanken lässt und eine große Reichweite erzielt werden kann.

Wie sieht es bei Fahrzeugen aus, die elektrisch betrieben werden? Hier könnten lange Ladezeiten und ein nicht flächendeckendes Netz an Ladesäulen problematisch sein. Auch geringe Reichweiten und hohe Anschaffungskosten führen zu einer kontroversen Diskussion über Elektromobilität in Deutschland.

Notwendige ökologische Bestrebungen zum Klimaschutz erfordern entschiedenes Handeln. Das haben auch einige Firmen, Rettungsdienstträger, Organisationen, Feuerwehren und Behörden erkannt, weswegen bereits erste Pilotprojekte von elektrisch betriebenen Einsatzfahrzeugen gestartet wurden und dabei schon einige Ergebnisse erzielt werden konnten.

¹⁰ Kraftfahrt-Bundesamt 2021.

¹¹ Presse- und Informationsamt der Bundesregierung 2022.

1.2 Forschungsmotivation und Forschungsfrage

Dieses Thema habe ich gewählt, weil mich die Technik der Elektromobilität und die erneuerbaren Energien, zugleich aber auch der Rettungsdienst faszinieren. Im Studium des Rettungsingenieurwesens wurde mein Interesse an der Elektrotechnik geweckt und seit 2017 bin ich selbst im Rettungsdienst tätig.

Es bietet sich hier die Gelegenheit für mich, durch die Befragung von Experten, Einblicke in den aktuellen Entwicklungsstand der Elektromobilität in Zusammenhang mit Rettungsdienstfahrzeugen zu bekommen und Informationen von Experten aus erster Hand zu erhalten.

Die Forschungsfrage und das Ziel dieser Arbeit liegt in der Untersuchung, inwieweit sich batterieelektrisch betriebene Fahrzeuge in den deutschen Rettungsdienstalltag implementieren lassen und inwiefern sich die Beurteilungen in Bezug auf den innerstädtischen und ländlichen Rettungsdienst unterscheiden.

1.3 Aufbau der Arbeit

Zu Beginn der Arbeit wird in einem Theorieteil ein Überblick über die Grundlagen der Elektromobilität und des Rettungsdienstes gegeben. Es werden verschiedene Antriebsarten aufgezeigt und die Fahrzeuge vorgestellt, die im Rettungsdienst zum Einsatz kommen könnten. Hierbei werden auch der aktuelle Forschungsstand und bereits durchgeführte Pilotprojekte einbezogen.

Als Grundlage für die Durchführung der Experteninterviews wird zunächst die Methode der qualitativen Forschung dargestellt. Daraufhin werden die Experteninterviews durchgeführt und transkribiert. Es schließt sich die Auswertung der Interviews in Zusammenhang mit den Ergebnissen der Pilotprojekte an, wobei der Schwerpunkt auf dem Vergleich von Stadt- und Landrettung liegt.

Im Rahmen der Diskussion erfolgt eine Beurteilung der Ergebnisse sowie die Beantwortung der Forschungsfrage. Das Fazit mit einem Ausblick auf zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten bildet den Abschluss der Bachelorarbeit.

2 Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel erfolgt die Einbettung der Forschungsziele in den thematischen Kontext. Zunächst wird die Elektromobilität vorgestellt, im Anschluss erfolgt die Darstellung des Rettungsdienstes als Ganzes und zum Schluss wird der aktuelle Forschungsstand der Elektromobilität im Rettungsdienst sowie in der Feuerwehr beschrieben.

2.1 Elektromobilität

2.1.1 Überblick

2.1.1.1 Geschichte der E-Mobilität

Die ersten Versuche der Elektromobilität gibt es im Grunde schon seit der Erfindung des Ottomotors. Bereits Ende des 19. Jahrhunderts wurde erfolgreich an Elektrofahrzeugen gearbeitet und ein erster elektrischer Kutschenwagen vorgestellt. Anfang des 20. Jahrhunderts wurde dann der „Lohner-Porsche“ (siehe Abbildung 1) mit einer Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h, einer Reichweite von 50 km und einem 400 kg schweren Bleiakku präsentiert¹².



Abbildung 1: Lohner-Porsche¹³

¹² Karle 2021: 6.

¹³ Ebd.: 7.

Dennoch lässt sich zu der damaligen Zeit kein Elektromotor als effektiver Antrieb für Kraftfahrzeuge nutzen. Erst in den letzten Jahren konnte die Akkutechnologie der Elektrofahrzeuge so weit verbessert werden, dass diese zu ernstzunehmenden Konkurrenten der herkömmlichen Verbrenner-Fahrzeuge wurden. So konnte mit der Erfindung des Lithium-Ionen-Akkus die erforderliche elektrische Leistung und Kapazität für Kraftfahrzeuganwendungen erreicht werden. Die Firma TESLA konnte mit dem „TESLA Model S“, welches eine Reichweite von mehreren hundert Kilometern hat, als eine der ersten Firmen ihre Elektrofahrzeuge erfolgreich als Serie auf den Markt bringen¹⁴.

2.1.1.2 Unterschiede der Antriebsarten

Es gibt einige konstruktive Unterschiede zwischen konventionellen Kraftfahrzeugen und Elektrofahrzeugen. So wird, vereinfacht gesagt, der mechanische Antriebsstrang mit Verbrennungsmotor inklusive Tank bei den herkömmlichen Kraftfahrzeugen, durch einen Antriebsstrang mit Elektromotor inklusive Akku bei den Elektrofahrzeugen ersetzt¹⁵. Der verwendete Akku ist zwar etwa so groß wie ein konventioneller Kraftstofftank, jedoch bei 45 kWh Kapazität im Schnitt etwa 350 kg schwerer. Dieses Gewicht nutzt man aber für einen tieferen Schwerpunkt und sorgt somit für mehr Fahrstabilität, indem man diesen im Fahrzeugboden verbaut¹⁶.

2.1.1.3 Potenziale und Probleme des Elektroantriebes

2.1.1.3.1 Vorteile

Elektromotoren sind energieeffizient und arbeiten in einem Wirkungsgrad von mehr als 90 %. Im Vergleich dazu kommt der Verbrenner nur auf höchstens 40 %. Ein niedriger Verbrauch dieser Fahrzeuge lässt sich u.a. auf die Rekuperation rückschließen¹⁷.

¹⁴ Karle 2021: 7.

¹⁵ Ebd.: 8.

¹⁶ Ebd.: 9.

¹⁷ Ebd.: 11.

Durch ihren einfachen Aufbau und ihre leichte Regelung sind Elektromotoren weitestgehend verschleiß- und wartungsfrei, entsprechend gering sind die Betriebskosten. Es entfallen „Tank, Benzinpumpe, Öltank, Öl, Katalysator, Abgasreinigungssystem, Auspuffsystem, Anlasser und Lichtmaschine“¹⁸. Einige Bauteile werden weniger beansprucht. Das betrifft z. B. die Bremsen bei der Rekuperation. Durch diese „Bremsunterstützung“ wird die Lebensdauer der Bremsbeläge erhöht. Service-Aufwand und -Kosten werden deutlich verringert und aufgrund des einfacheren Aufbaus verbessert sich die Recyclingmöglichkeit des Fahrzeuges¹⁹.

Da jedoch die Spannungen und Ströme hoch sind, ist eine aufwendigere Steuerungselektronik als bei den konventionellen Kraftfahrzeugen erforderlich²⁰.

Ein wesentlicher Vorteil ist die Emissionsfreiheit und CO₂-Neutralität der Fahrzeuge vor Ort, womit sie zur CO₂-Reduktion beitragen²¹. Dies stimmt allerdings nur, wenn zum Laden regenerativ erzeugter Strom genutzt wird²². Im Idealfall wird also der Strom aus erneuerbaren Energien produziert, aber selbst unter der Verwendung des üblichen EU-Strommixes produzieren Elektrofahrzeuge weniger Schadstoffe als konventionelle Verbrennerfahrzeuge²³. Besonders in stark belasteten Gebieten tragen Elektrofahrzeuge zur Reduktion der Schadstoffbelastung bei²⁴.

Durch den steigenden Anteil des regenerativ erzeugten Stroms wird auch die Klimabilanz der Elektrofahrzeuge verbessert²⁵. Um die CO₂-Grenzwerte der EU-Verordnung zu erreichen, müssen die Zulassungszahlen der Elektrofahrzeuge weiterhin so stark steigen. Vermutlich werden hierbei Plug-In-Hybride den größten Zuwachs erzielen²⁶.

Elektroantriebe benötigen weder Schaltgetriebe noch Schaltkupplung, nur ein einstufiges

¹⁸ Karle 2021: 13.

¹⁹ Ebd.: 13.

²⁰ Ebd.: 13.

²¹ Ebd.: 11.

²² Ebd.: 13.

²³ Notter 2015: 1969–1982.

²⁴ Karle 2021: 181.

²⁵ Ebd.: 187.

²⁶ Ebd.: 183.

Untersetzungsgetriebe zur Drehzahlanpassung. Schon bei kleinster Drehzahl kann ein hohes Drehmoment erreicht werden, was sich mit hohen Beschleunigungswerten aus dem Stand heraus erfahren lässt. Es ergibt sich ein hoher Fahrkomfort mit einer dynamischen Fahrweise²⁷.

Elektrofahrzeuge zeichnen sich durch eine sehr niedrige Lautstärke auch bei höheren Geschwindigkeiten aus. Dies sorgt für eine ruhige Geräuschkulisse für Fahrer und Insassen und auch für eine Verbesserung der Lebensqualität von Anwohnern. Da Elektrofahrzeuge innerorts langsamer fahren und somit oftmals nicht einmal die Abrollgeräusche wahrzunehmen sind, müssen seit Juli 2021 alle neuen Elektroautos ein Warngeräusch bis zu einer Geschwindigkeit von 20 km/h abgeben²⁸.

2.1.1.3.2 Nachteile

Nachteilig ist auf den ersten Blick der hohe Anschaffungspreis eines Elektrofahrzeugs. Dies liegt hauptsächlich am Akku, wodurch Kosten von mehr als 10 000 Euro zu erwarten sind. Allerdings sinken die Ausgaben langfristig durch technische Fortschritte, welche die Kapazitäten der Akkus erhöhen und somit die Reichweiten vergrößern. Darüber hinaus werden in Deutschland seit dem Jahr 2020 die meisten Elektroautos mit ca. 9000 Euro brutto gefördert²⁹.

Mit durchschnittlich 300 bis 500 km Reichweite können Fahrzeuge mit Elektroantrieb noch nicht mit den herkömmlichen Verbrennerfahrzeugen mithalten. Letztere erzielen ungefähr die doppelte Reichweite. Wird die Klimaanlage oder die Heizung genutzt, verringern sich die Reichweiten von Elektrofahrzeugen nochmal um bis zu einem Drittel³⁰.

Geladen werden kann an jeder Steckdose, jedoch benötigt dies oft mehrere Stunden. Über Nacht, an einer abgesicherten Garagensteckdose, stellt dies somit für Tagesfahrten

²⁷ Karle 2021: 12.

²⁸ Ebd.: 12.

²⁹ Ebd.: 13 f.

³⁰ Ebd.: 14.

kein Problem dar. Bei längeren Fahrten sind diese langen Ladezeiten allerdings inakzeptabel. Für solche Fälle stehen öffentliche Schnellladesäulen zur Verfügung. Hier wird mit hohen Ladeleistungen eine verkürzte Ladedauer von bis zu 30 Minuten erzielt.

Auch die Herkunft bestimmter Rohstoffe für Elektroautos muss berücksichtigt werden. Hier stehen besonders Lithium und Kobalt im Mittelpunkt. Die Gewinnung dieser Rohstoffe erfolgt vorwiegend im Globalen Süden und ist umstritten³¹. So kommt es immer wieder zu Menschenrechtsverletzungen und Umweltzerstörungen, um exklusiven Zugang zu diesen Rohstoffen zu erhalten, was die weltweite Ungleichheit verstärkt. Dennoch gibt es im Globalen Norden ein erstes Umdenken und verstärktes Engagement dafür, dass der Abbau von Rohstoffen für die Elektromobilität sozial- und ökologisch gerechter wird³². Erste Unternehmen beziehen beispielsweise kein Kobalt mehr aus der Republik Kongo, sondern verwenden vorzugsweise recyceltes Kobalt³³. Einige Organisationen, darunter zivilgesellschaftliche und nichtstaatliche, fordern Produktionsnetzwerke und Lieferketten, besonders im Bereich Elektromobilität, „[...] sozial und ökologisch nachhaltig zu gestalten und demokratisch zu kontrollieren“³⁴. Es soll rechtliche Konsequenzen geben für Unternehmen, die sich nicht an die Menschenrechte und den Umweltschutz halten. Außerdem soll der Gesamtverbrauch von Rohstoffen verringert werden, die Recyclingwirtschaft gestärkt werden und der öffentliche Schienenverkehr ausgebaut werden³⁵. Des Weiteren wird die „[...] radikale Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs [...]“³⁶ weltweit gefordert³⁷.

Um die hohe CO₂-Belastung bei der Herstellung des Lithium-Ionen-Akkus zu verringern, werden vermehrt erneuerbare Energien genutzt, die Fertigung und Verbesserung der Materialauswahl optimiert (das betrifft auch den vermehrten Gebrauch von Sekundärmaterialien) und der Abbau sowie die Verarbeitung der Rohstoffe werden

³¹ Brunnengräber 2020: 345.

³² Ebd.: 346.

³³ Karle 2021: 187.

³⁴ Brunnengräber 2020: 346.

³⁵ Ebd.: 346.

³⁶ Ebd.: 346.

³⁷ Ebd.: 346.

nachhaltiger angestrebt. Dabei wird auch Wert auf soziale Nachhaltigkeit gelegt³⁸.

Es besteht weiterhin eine Ressourcenproblematik bei der Zellherstellung³⁹.

Ein wesentlicher Nachteil des häufig verwendeten Lithium-Ionen-Akkus sind die benötigten Arbeitstemperaturen zwischen 18°C und 25°C. In dieser Spanne befindet sich die optimale Leistungsfähigkeit. Hohe Temperaturen und niedrige Temperaturen schaden der Leistungsfähigkeit der Akkus. Um das zu verhindern, müssen die Akkus klimatisiert werden, was zusätzlich Energie verbraucht.

Aus diesem Grund werden zunehmend häufiger Lithium-Eisen-Phosphat-Zellen verwendet. Diese sind in Bezug auf ihre Betriebstemperatur wesentlich unempfindlicher und müssen dementsprechend weniger klimatisiert werden⁴⁰.

2.1.2 Elektro-PKW

2.1.2.1 Batterieelektrische Fahrzeuge

Batterieelektrische Fahrzeuge werden mit einem rein elektrischen Antrieb betrieben und können nur über eine Ladesäule aufgeladen werden⁴¹. Der Antrieb besteht aus einem Elektromotor, der Leistungselektronik und dem Akku. Der Elektromotor ist meist ein Drehstrommotor, welcher mit einer Spannung von 440 V versorgt wird. Bei diesen Antrieben werden Wirkungsgrade von über 90 % genutzt⁴². Diese Elektrofahrzeuge besitzen kein herkömmliches Schaltgetriebe und „[...] weisen schon bei kleinsten Drehzahlen ein hohes Drehmoment auf [...]“⁴³, somit entsteht ein hoher Fahrkomfort. Ein weiterer Punkt der Energieausnutzung ist die Rekuperation. Hierbei wird beim Verzögern des Fahrzeugs die mechanische Energie in elektrische Energie umgewandelt. Reine Elektroautos enthalten meist einen Lithium-Ionen-Akku als Energiespeicher, welcher

³⁸ Karle 2021: 188.

³⁹ Ebd.: 187.

⁴⁰ Karle 2021: 73.

⁴¹ Kraftfahrt-Bundesamt 2021.

⁴² Karle 2021: 17.

⁴³ Ebd.:17.

Gleichstrom liefert. Der von den Motoren benötigte Wechsel-/Drehstrom wird durch einen Wechselrichter umgesetzt. Um die Akkus aufzuladen, ist ein Ladegerät erforderlich, welches meistens im Fahrzeug selbst untergebracht wird⁴⁴.

2.1.2.2 Fahrzeuge mit Elektroantrieb und Range Extender

Das Wort Range Extender bedeutet Reichweitenverlängerer. Solche Fahrzeuge besitzen einen elektrischen Antrieb und haben zusätzlich einen kleinen Verbrennungsmotor integriert, der bei der Fahrt hinzugeschaltet wird und über einen Generator Strom erzeugt. So kann der Akku nachgeladen und die Reichweite verlängert werden. Der zusätzliche Verbrennungsmotor wird hierbei ausschließlich zur Stromerzeugung genutzt und treibt das Fahrzeug nicht eigenständig an. Durch diese Erweiterung kann eine Reichweitenverlängerung bis Faktor 2 realisiert werden⁴⁵. Diese Technik wird z. B. beim BMW i3- Range Extender oder beim E-LHF der Berliner Feuerwehr eingesetzt.

2.1.2.3 Fahrzeuge mit Elektromotorunterstützung: Hybride

Hybride sind Fahrzeuge mit mindestens zwei verschiedenen Energieumwandlern (z. B. Verbrennungs- und Elektromotor) und zwei verschiedenen Energiespeichersystemen (z. B. Benzin + Akku oder Akku + Wasserstoff)^{46,47}. Diese sollen die negativen Aspekte von Verbrennern und Elektroautos minimieren und jeweils die positiven Eigenschaften verstärken. So tragen Verbrenner zu einer höheren Reichweite bei, während Elektromotoren über einen höheren Wirkungsgrad verfügen. Da der Elektroantrieb beim Anfahren keine schleifende Kupplung benötigt, kann er mit kleinsten Drehzahlen schon sein volles Drehmoment entfalten. Zudem steigern Elektroantriebe durch Rekuperation die Energieeffizienz und senken Betriebskosten und CO₂-Ausstoß⁴⁸. Nachteilig an diesem System ist das zusätzliche Gewicht, zusätzlicher Bauraum, erhöhter

⁴⁴ Karle 2021: 18.

⁴⁵ Ebd.: 19.

⁴⁶ Kraftfahrt-Bundesamt 2021.

⁴⁷ Karle 2021: 20.

⁴⁸ Ebd.: 20.

Aufwand in Betrieb und Steuerung sowie der höhere Gesamtpreis⁴⁹. In der Autoindustrie gibt es unterschiedliche Konzepte von Hybridfahrzeugen. Unterschieden wird durch den Grad der Hybridisierung zwischen Mikro-, Mild-, Voll- und Plug-In-Hybrid-Fahrzeugen (siehe Abbildung 2).

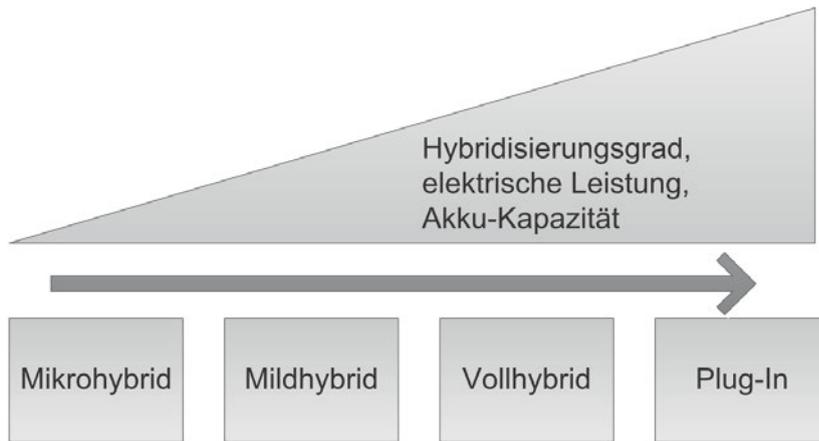


Abbildung 2: Hybridisierungsgrad mit steigender elektrischer Leistung des Elektromotors⁵⁰

2.1.2.3.1 Mikro-Hybride

Mikro-Hybride haben statt einer konventionellen Starterbatterie und Lichtmaschine einen Startergenerator mit einem Leistungsbereich von 2 bis 5 kW. Als Akku liegt hierbei eine verbesserte Starterbatterie mit vergrößerter Kapazität vor. Der Zusatznutzen besteht aus einer Start-Stopp-Automatik und der Rekuperation. Es kann eine Kraftstoffersparnis von 5 % - 10 % erreicht werden⁵¹.

2.1.2.3.2 Mild-Hybride

Bei dieser Fahrzeugart wird der Motor beim Beschleunigen unterstützt⁵². Hierbei ersetzt der Startergenerator mit Elektromotorenfunktion die Lichtmaschine und den Anlasser. Es kann ein Leistungsbereich von 5 bis 15 kW sowie eine Kraftstoffersparnis von bis zu 15 % erreicht werden. Hier liegt der Zusatznutzen in der Start-Stopp-Automatik, einer

⁴⁹ Karle 2021: 21 f.

⁵⁰ Ebd.: 21.

⁵¹ Ebd.: 21 f.

⁵² Kraftfahrt-Bundesamt 2021.

verstärkten Rekuperation und einer elektromotorischen Unterstützung beim Beschleunigen des Fahrzeugs. Eine weitere Eigenheit ist das sogenannte Segeln. Darunter versteht man in diesem Kontext ein beständiges Fortbewegen bei gleichbleibender Geschwindigkeit ohne Gebrauch des Verbrennungsmotors⁵³.

2.1.2.3.3 Voll-Hybride

Reine Hybrid-Fahrzeuge, die nur mit Treibstoff betankt werden, können ihre Bremsenergie in mechanische Energie zurückgewinnen⁵⁴. Der Leistungsbereich der Elektromotoren befindet sich hier zwischen 15 und 60 kW. Die Zusatznutzen bei diesem Hybrid-Typ sind die Start-Stopp-Automatik, die Rekuperation, das Boosten (also eine „Leistungssteigerung bei hohem Beschleunigungsbedarf“⁵⁵), ein rein elektromotorisches Fahren und eine sogenannte Lastpunktanhebung, welche den Wirkungsgrad zusätzlich steigert. Es können Kraftstoffeinsparungen bis zu 25 % erzielt werden⁵⁶. Nachteilig sind jedoch das höhere Gewicht, der zusätzliche Bauraum, der höhere Anschaffungspreis und die „aufwendige Steuerung zur Kombination der Antriebe“⁵⁷.

2.1.2.3.4 Plug-In-Hybride

Plug-In-Hybride sind Fahrzeuge, welche mit Treibstoff sowie mit Strom betrieben werden und folglich mit Treibstoff betankt, als auch mit Strom geladen werden können⁵⁸. Die hier erzielbaren Kraftstoffeinsparungen belaufen sich auf mehr als 50 %. Zwar muss zu diesem Kraftstoffverbrauch noch die elektrische Energie für die Ladung berücksichtigt werden, diese fällt jedoch laut EU-Regeln nicht mehr in die CO₂-Bilanz⁵⁹.

⁵³ Karle 2021: 22.

⁵⁴ Kraftfahrt-Bundesamt 2021.

⁵⁵ Karle 2021: 23.

⁵⁶ Ebd.: 22 f.

⁵⁷ Ebd.: 24.

⁵⁸ Kraftfahrt-Bundesamt 2021.

⁵⁹ Karle 2021: 23.

2.1.2.4 Brennstoffzellenfahrzeug mit Wasserstoff

Die Brennstoffzelle an sich ist weder Energiespeicher noch dient sie zum Antrieb. Sie wandelt die chemische Energie im Energieträger Wasserstoff in elektrische Energie um, welche dann in Akkus gespeichert werden kann. Sie kann auch direkt dem Elektromotor zugeführt werden, welcher dann für den Antrieb des Fahrzeugs zuständig ist⁶⁰. Somit sind für den Antrieb eines Brennstoffzellenfahrzeuges ein Elektromotor, ein Akku (meist Lithium-Ionen-Akku), ein Wasserstofftank und eine Brennstoffzelle notwendig. Solche Fahrzeuge sind als Elektroautos zu klassifizieren, die Energie kommt nicht aus einer gewöhnlichen Steckdose, sondern aus dem Wasserstoff, welcher unter hohem Druck im Fahrzeug mitgeführt wird. Wasserstoffautos können bis zu 600 km weit fahren. Vor Ort ist ein Wasserstoffauto emissionsfrei, es entsteht beim Fahren lediglich Wasserdampf. Die verbreitete Produktion von „grauem“ Wasserstoff mittels Reformierung von Erdgas ist jedoch nicht CO₂-frei. Experten sagen, dass Brennstoffzellenfahrzeuge nur mit „grünem“ Wasserstoff sinnvoll sind, durch die Herstellung von Wasserstoff mittels regenerativ erzeugten Stroms⁶¹. Das Tanken dauert ungefähr so lange wie beim konventionellen Kraftstoff, setzt aber eine entsprechende Infrastruktur an Wasserstofftankstellen voraus. In Deutschland liegt diese zurzeit noch nicht vor und der Ausbau gestaltet sich wesentlich schwieriger als der Aufbau eines Netzes von Ladesäulen⁶². Dies liegt vor allem daran, dass die Speicherung von Wasserstoff entweder hohen Druck oder sehr niedrige Temperaturen verlangt⁶³.

Bei regenerativ erzeugtem Strom hat das reine Elektrofahrzeug mit 60 – 65 % einen deutlich besseren Gesamtwirkungsgrad (Well-to-Wheel) als das Brennstoffzellenfahrzeug mit ca. 32 %⁶⁴. Letzteres erzielt jedoch eine größere Reichweite und ermöglicht ein schnelleres Tanken.

⁶⁰ Karle 2021: 27.

⁶¹ Ebd.: 84.

⁶² Ebd.: 28 f.

⁶³ Stan 2015: 250.

⁶⁴ Karle 2021: 84.

2.1.3 Weitere Elektrofahrzeuge

2.1.3.1 Elektrobusse

Es gibt einige Pilotprojekte mit Elektrobusen in deutschen Städten wie Berlin, Hamburg, Stuttgart, Krefeld und Mülheim/Ruhr, aber auch in europäischen Städten wie Rotterdam und Mailand werden Elektrobusse getestet⁶⁵. Hierbei werden die grundsätzlichen Verwendungen getestet. E-Busse funktionieren im Prinzip wie Elektroautos, denn sie besitzen Akkus, welche die Elektromotoren versorgen. Vorteile sind hierbei die geringe Geräuschkulisse, die Energieeffizienz und die lokale Emissionsfreiheit, besonders in Innenstadtbereichen, die stark von Abgasen, Lärm und Feinstaub belastet sind⁶⁶. Müssen weitere Strecken zurückgelegt werden, stehen (Plug-in-)Hybridbusse bereit. Hier steht als zweiter Antrieb in aller Regel ein Dieselfahrzeug zur Verfügung, das in weniger belasteten Regionen genutzt werden kann. Darüber hinaus gibt es sogenannte Brennstoffzellen-Hybridbusse, welche als zweite Energiequelle Wasserstoff benutzen⁶⁷. Diese sind auf der gesamten Fahrstrecke emissionsfrei⁶⁸.

2.1.3.2 Elektro-Nutzfahrzeuge

Im deutschen Güterverkehr werden schon einige Elektro-Nutzfahrzeuge wie z. B. der Renault Kangoo genutzt. Auch erste Elektro-Lkw für den Güterverkehr werden entwickelt. So wurde beispielsweise der 18-Tonnen-LKW E-Force 1 der Firma E-FORCE ONE AG ab 2013 täglich in der Region Zürich getestet. Er verfügt über einen rein elektrischen Antrieb, mit einer Leistung von 300 kW. Der E-LKW kann Geschwindigkeiten von bis zu 87 km/h erreichen und mit einer Akkuladung bis zu 300 km weit fahren⁶⁹. Bei einer Ladeleistung von 44 kW werden die Akkus in 4 bis 6 Stunden aufgeladen. Dieser Elektro-LKW besitzt

⁶⁵ Karle 2021: 222.

⁶⁶ Ebd.: 221.

⁶⁷ Ebd.: 31.

⁶⁸ Ebd.: 222.

⁶⁹ Ebd.: 31.

zudem die Eigenschaft, dass die Akkus in 5 Minuten gewechselt werden können⁷⁰. Mittlerweile verfügen viele der wichtigen Hersteller über Elektro-LKW. Auch hier wird ein rascher Anstieg in den nächsten Jahren prognostiziert. Gründe dafür sind die in Zukunft geltenden CO₂-Grenzwerte⁷¹.

2.1.3.3 Zweiräder mit Elektroantrieb

Elektrofahrräder werden immer beliebter. Die Zahl der Elektrofahrräder hat durch ihre steigende Beliebtheit in den vergangenen Jahren stark zugenommen. Auch in den nächsten Jahren wird ein weiterer Anstieg ihrer Popularität erwartet. Für elektrisch betriebene Zweiräder gibt es verschiedene Konzepte. Sie können in drei Kategorien eingeordnet werden: Pedelecs (Pedal Electric Cycle), schnelle Pedelecs und E-Bikes.

Mit Pedelecs ist durch elektrische Unterstützung ein Fahren bis zu 25 km/h möglich. Durch schnelle Pedelecs kann eine Geschwindigkeit von bis zu 45 km/h erreicht werden und gehören somit zur Kategorie Kleinkrafträder, welche eine gültige Fahrerlaubnis voraussetzen. E-Bikes ähneln den Elektromofas. Der Elektromotor arbeitet auch ohne Treten. Solange die Geschwindigkeit von 20 km/h nicht überschritten wird, gelten diese Zweiräder auch als Kleinkraftrad⁷².

2.1.3.4 Elektro-Flugzeuge

Auch im Luftraum wird an der E-Mobilität geforscht. Für das Jahr 2017 erstellte die Airbus Group einen Plan über das Serienmodell E-Fan. Dieses E-Flugzeug wiegt 500 kg und erreicht Geschwindigkeiten von bis zu 220 km/h. Es verfügt über einen 60-kW-Elektromotor und kann etwa eine Stunde lang fliegen. Aufgrund der geringen Flugzeit sollte mit diesem Typ allerdings vorerst Erfahrung gesammelt werden. Das Projekt wurde 2017 stillgelegt. Erste Testergebnisse von Elektro-Multikoptern erwiesen sich als vielversprechender.

⁷⁰ Karle 2021: 32.

⁷¹ Ebd.: 224.

⁷² Ebd.: 32 f.

Das Startup H2fly dagegen forscht zusammen mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt und der Universität Ulm weiterhin an einem Wasserstoffflugzeug. Das Modell HY4 erhielt 2020 die Genehmigung für erste Testflüge in Deutschland. In diesem elektrisch betriebenen Flugzeug mit Brennstoffzelle können vier Personen sitzen. Das gemeinsame Ziel ist es, im Jahre 2030 emissionsfreie Passagierflüge durchzuführen⁷³.

2.1.3.5 Segway

Der Segway ist ein besonderes Elektrofahrzeug. Er besteht aus zwei Rädern mit je einem Gleichstrommotor, einer Lenkstange und einer Plattform⁷⁴. Letztere befindet sich zwischen den Antriebsrädern, auf welcher der Fahrer steht. Durch Gewichtsverlagerung lässt sich der Segway lenken, beschleunigen und bremsen. Beim Bremsen wird der Akku des Segways durch Rekuperation aufgeladen, wodurch sich die Reichweite verlängert⁷⁵. In der Regel beträgt die maximale Geschwindigkeit 20 km/h. Der Lithium-Ionen-Akku enthält bei 73,6 V eine Kapazität von 5,8 Ah und lässt sich in 8 – 10 Stunden über eine normale Haushaltssteckdose mit integriertem Ladegerät laden. Die Reichweite beträgt zwischen 25 und 39 km, je nach Hersteller, Fahrstil und Untergrundverhältnissen⁷⁶.

2.1.3.6 Motorräder

Auch Elektromotorräder kommen zunehmend im deutschen Straßenverkehr vor. Die Leistungen sind zum Teil schon respektabel, aber viele Konzepte scheitern an der geringen Reichweite⁷⁷. Bekannte Beispiele für Elektromotorräder sind die BMW C Evolution (11 kW Nennleistung, 35 kW Spitzenleistung, 120 km/h max. Geschwindigkeit, ca. 100 - 160 km Reichweite) und die Harley-Davidson (78 kW Leistung, 177 km/h max. Geschwindigkeit, 150 – 170 km Reichweite).

⁷³ Karle 2021: 39.

⁷⁴ Ebd.: 38.

⁷⁵ Ebd.: 37.

⁷⁶ Ebd.: 38.

⁷⁷ Ebd.: 38.

2.1.4 Ladeinfrastruktur

Elektroautos müssen wegen ihrer geringen Reichweite häufiger geladen werden als herkömmliche Verbrennerfahrzeuge tanken müssen. Der Ladevorgang dauert erfahrungsgemäß einige Stunden, weshalb grundsätzlich favorisiert wird, die meisten Ladevorgänge zu Hause durchzuführen. Das lässt sich jedoch nicht überall umsetzen, denn viele Menschen besitzen keine Garage. Hierbei gibt es allerdings schon erste Gesetze, die z. B. einem Mieter das Recht auf eine Ladestation einräumen. Öffentliche Ladesäulen sollten möglichst nicht für das private Laden genutzt und blockiert werden, sondern aus wirtschaftlichen Gründen von vielen verschiedenen Benutzern angesteuert werden können. Solche Ladesäulen könnten bei längeren Fahrten die geringen Reichweiten durch Nachlademöglichkeiten überbrücken. Hierbei wird zumeist eine AC-Schnellladung im Mode 3 verwendet, welche auch im privaten Bereich mit Hilfe einer Wallbox genutzt werden kann, um kurze Ladezeiten zu erreichen. Die Ladeleistungen können mit einer Mode-4-Schnellladung noch erhöht werden, woraus Ladezeiten von nur 30 Minuten resultieren. Allerdings ist Mode 4 derzeit ausschließlich im öffentlichen Bereich vorgesehen. Das langfristige Ziel ist eine flächendeckende Infrastruktur mit solchen Modi, was in Deutschland allerdings noch nicht umgesetzt ist. Gäbe es in diesem Bereich Fortschritte, würden mehr Menschen Elektrofahrzeuge kaufen. TESLA hat bereits begonnen (nicht nur in Deutschland) entlang der Autobahnen ein solches flächendeckendes Schnellladenetzwirk aufzubauen. Zudem gibt es seit 2014 in Deutschland das sogenannte SLAM-Projekt, womit ein flächendeckendes Schnellladenetzwirk für Achsen und Metropolen aufgebaut werden soll. Bis zum Ende des Jahres 2020 waren bereits 300 Ladeparks in Betrieb⁷⁸.

Hinsichtlich neuer Ladekonzepte wird weltweit geforscht und entwickelt. Dazu gehören auch Konzepte wie z. B. das induktive Laden, die Möglichkeit den Akku zu wechseln und das intelligente Laden mittels Vehicle to Grid⁷⁹.

Es lassen sich keine genauen Aussagen zur benötigten Dichte von öffentlichen Ladestationen treffen. Wichtig sei allerdings, dass „[...] ein ausreichend dichtes Netz an

⁷⁸ Karle 2021: 105 ff.

⁷⁹ Ebd.: 108 – 112.

Ladesäulen vorrangig entlang der Fernstraßen [...]“⁸⁰ vorliegt. Des Weiteren müsse „[...] die Zugangs- und Nutzungsmöglichkeit [...] einfach sein, ebenso wie das notwendige Abrechnungssystem“⁸¹. Außerdem müsse die „[...] Nutzung einer Säule [...] im Vorfeld planbar und sicherzustellen sein“⁸².

Um diese Forderungen umzusetzen, wurde in Deutschland die Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur gegründet. Die Bundesnetzagentur gibt bereits erste Zahlen zur Dichte von Ladesäulen heraus. So soll es Anfang 2021 bereits mehr als 33 000 öffentlich zugängliche Lademöglichkeiten gegeben haben und die Tendenz ist steigend⁸³.

2.2 Rettungsdienst

In diesem Kapitel werden die Grundlagen des Rettungsdienstes dargestellt.

2.2.1 Definition

In Deutschland lässt sich der Rettungsdienst in die Bereiche bodengebundener Rettungsdienst mit der Notfallrettung und dem qualifizierten Krankentransport, Luftrettung, Wasserrettung, Höhlenrettung und Bergrettung unterteilen⁸⁴.

Notfallrettung bedeutet, einen Patienten mit schweren Erkrankungen, Vergiftungen oder Verletzungen schnellstmöglich professionell präklinisch zu behandeln, eine bestmögliche Stabilisierung am Notfallort herzustellen und ohne unnötige Zeitverzögerung fachgerecht in ein Krankenhaus zu transportieren⁸⁵. Diese medizinische Hilfe steht rund um die Uhr zur Verfügung und wird von qualifiziertem Rettungsfachpersonal mit dem entsprechenden Rettungsmittel durchgeführt.

Zu den Aufgaben des Rettungsdienstes gehört auch die intensivmedizinische Verlegung von Patienten⁸⁶.

⁸⁰ Karle 2021: 112.

⁸¹ Ebd.: 112.

⁸² Ebd.: 112.

⁸³ Ebd.: 113.

⁸⁴ Luxem, Kühn, Runggaldier 2010: 444.

⁸⁵ Ziegenfuß 2011: 2.

⁸⁶ Luxem, Kühn, Runggaldier 2010: 444.

Im qualifizierten Krankentransport werden Patienten, welche keine Notfallpatienten sind, unter fachgerechter Betreuung befördert. Diesen Kranken, Verletzten oder sonstigen hilfsbedürftigen Personen kann, falls erforderlich, Erste Hilfe geleistet werden. Solche Fahrten sind in der Regel nicht zeitkritisch und daher ist der Krankentransport zeitlich disponibel.

2.2.2 Organisation

Der öffentliche Rettungsdienst stellt eine „[...] öffentliche Aufgabe der Gesundheitsvorsorge und (gesundheitlichen) Gefahrenabwehr dar“⁸⁷. Die Bundesländer besitzen die Gesetzgebungskompetenz zur Organisation und Durchführung des Rettungsdienstes, welche vom Grundgesetz vorgegeben wird. Die Länder erlassen Landesrettungsdienstgesetze, Rettungsdienstpläne- und Vorschriften sowie Verordnungen und Verwaltungsvorschriften⁸⁸.

Für die jeweiligen Rettungsdienstbereiche werden Rettungsdienstbereichspläne vorgehalten. In diesen werden die Anzahl und Standorte der Rettungswachen sowie die Art und Anzahl der dort stationierten Rettungsmittel festgelegt. Für alle Rettungsdienstbereiche bzw. für mehrere Rettungsdienstbereiche gibt es Leitstellen, welche die Einsatzkräfte alarmieren, koordinieren und unterstützen.

Aufgrund des Landesrechts sind die Träger des Rettungsdienstes die Landkreise oder Kommunen⁸⁹.

2.2.3 Durchführung

Der bodengebundene Rettungsdienst wird von Rettungsdienstträgern selbst (Berufsfeuerwehren, städtische und kommunale Rettungsdienste), aber auch von Hilfsorganisationen (ASB, DRK, DLRG, JUH, MHD), privaten Rettungsdienstunternehmen und der Bundeswehr wahrgenommen⁹⁰.

⁸⁷ Luxem, Kühn, Runggaldier 2010: 444.

⁸⁸ Ebd.: 445.

⁸⁹ Ebd.: 445.

⁹⁰ Ebd.: 445.

2.2.4 Rettungskette

Um einen Notfall optimal bewältigen zu können sollten einige Bedingungen erfüllt sein. Normalerweise steht am Anfang einer Rettungskette (siehe Abbildung 3) der Laien- oder Ersthelfer⁹¹.

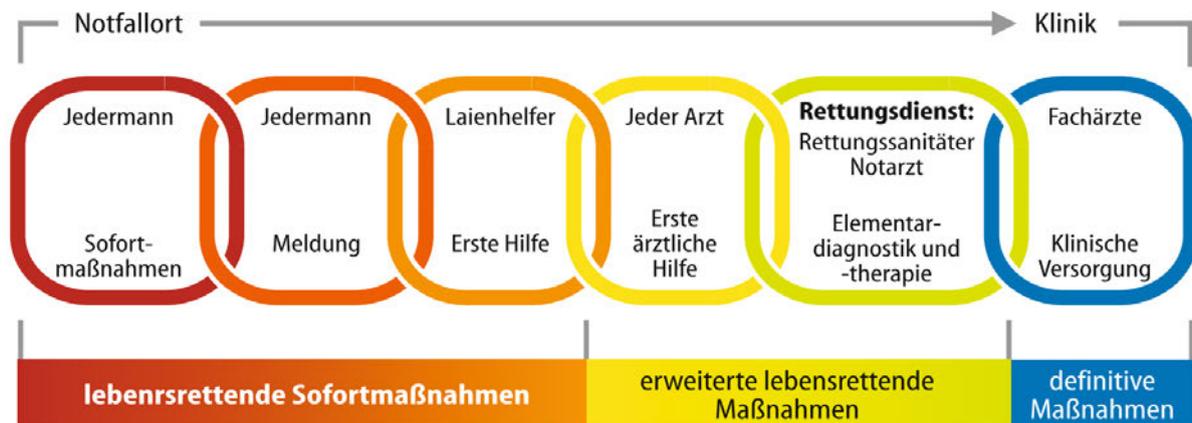


Abbildung 3 Rettungskette⁹²

Kommt es zu einem Notfall, sollte dieser rechtzeitig entdeckt werden und Erste-Hilfe-Maßnahmen sollten umgehend beginnen⁹³. Der Eigenschutz bzw. die Absicherung des Helfenden haben jedoch oberste Priorität. Ist dies gegeben, sollten erste lebensrettende Sofortmaßnahmen eingeleitet werden. Hierbei sprechen wir von der Stillung lebensbedrohlicher Blutungen, der Atemwegssicherung, der stabilen Seitenlage und der Reanimation. Es zählt in diesen Fällen jede Sekunde, somit sollte der Notruf über die 112 erst danach bei der Leitstelle erfolgen. Diese sollte nun die richtigen Rettungsmittel zur Notfallstelle entsenden⁹⁴. Hierbei werden in der Regel die Einsatzkräfte, welche sich in Status 1 (frei über Funk) oder Status 2 (Wache) befinden alarmiert. Je nach Bundesland, liegen die Hilfsfristen in der Notfallrettung zwischen 8 und 15 Minuten⁹⁵. Bei Einsatzübernahme wird Status 3 gedrückt und bei Ankunft beim Patienten Status 4. Parallel erfolgt die erweiterte Erste Hilfe der Laienhelfer. Am Einsatzort angekommen übernimmt der Rettungsdienst die Verantwortung für den Patienten. Hier sollte eine

⁹¹ Luxem, Kühn, Runggaldier 2010: 447.

⁹² Ziegenfuß 2011: 3.

⁹³ Ebd.: 2.

⁹⁴ Ebd.: 2.

⁹⁵ Luxem, Kühn, Runggaldier 2010: 445.

adäquate notfallmedizinische Versorgung vorstattengehen. Durch den Rettungsdienst und ggf. den Notarzt erfolgen also die erweiterten lebensrettenden Maßnahmen, zusammen mit der Elementardiagnostik und der Elementartherapie. Nun wird die Herstellung der Transportfähigkeit angestrebt und der Patient wird unter Status 7 mit dem richtigen Transportmittel einem geeigneten Krankenhaus zugeführt⁹⁶. Dort werden nach der Übergabe in Status 8 definitive Versorgungsmaßnahmen durchgeführt⁹⁷.

2.2.5 Rettungsmittel

Im bodengebundenen Rettungsdienst werden Rettungswagen (RTW), Krankentransportwagen (KTW), Notarzteinsatzfahrzeuge (NEF), Intensivtransportwagen (ITW), Notarztwagen (NAW), Notfallkrankentransportwagen (NKTW) und Löschrettungsfahrzeuge (LRF)⁹⁸ eingesetzt. Für die Luftrettung stehen Rettungshubschrauber und Intensivtransporthubschrauber zur Verfügung. Auf Seen und Flüssen können Seenotrettungsboote und auf den Meeren Seenotrettungskreuzer eingesetzt werden. DIN-Normen halten Inhalt, Umfang und Mindestanforderungen für diese Rettungsmittel vor⁹⁹. Ein neuer Rettungswagen kostet ca. 220 000 Euro¹⁰⁰.

2.2.6 Rettungsdienstfachpersonal

Bis 2014 war der Rettungsassistent die einzige Berufsbezeichnung im Rettungsdienst. Dies wurde bundesweit über das Rettungsassistentengesetz geregelt. Seit dem 1. Januar 2015 löst der Notfallsanitäter den Rettungsassistenten allmählich ab und beinhaltet eine dreijährige Berufsausbildung. Weiteres Rettungsdienstfachpersonal bilden der Rettungshelfer und der Rettungssanitäter. Die Qualifikation zum Rettungshelfer umfasst 320 Stunden, während sie beim Rettungssanitäter 520 Stunden dauert. Die Besatzungen der jeweiligen Rettungsmittel unterscheiden sich stark von Bundesland zu Bundesland.

⁹⁶ Luxem, Kühn, Runggaldier 2010: 447.

⁹⁷ Ziegenfuß 2011: 2.

⁹⁸ Löschrettungsfahrzeuge werden nur in Essen eingesetzt.

⁹⁹ Luxem, Kühn, Runggaldier 2010: 449.

¹⁰⁰ Barnack 2019.

In aller Regel ist der Notfallsanitäter der Transportführer des Rettungswagens in der Notfallrettung sowie der Fahrer des Notarzteinsetzfahrzeuges. Der Rettungssanitäter ist zumeist der Transportführer des für überwiegend sekundäre Einsätze zuständigen Krankentransportwagens und der Fahrer des Rettungswagens. Der Rettungshelfer wird hauptsächlich als Fahrer des Krankentransportwagens eingesetzt. In manchen Bundesländern darf sogenanntes Sanitätspersonal, lediglich mit einer einfachen Sanitätsausbildung, als Fahrer des Krankentransportwagens eingesetzt werden und in Bayern beispielsweise dürfen Rettungssanitäter sogar Notarzteinsetzfahrzeuge fahren. In Schleswig-Holstein müssen Rettungssanitäter nachweislich über 100 Notfalleinsätze verfügen, um als Fahrer des Rettungswagens eingesetzt zu werden. In manchen Landkreisen werden erste Notfallkrankentransportwagen eingesetzt, um die Lücke zwischen Krankentransport und Notfallrettung zu verkleinern. Sie werden mit ausgedehnter Hilfsfrist für Notfälle ohne Sonderrechte eingesetzt und mit einem Rettungssanitäter als Fahrer sowie einem „Rettungssanitäter-Plus“ besetzt. Letzterer muss über Berufserfahrung in der Notfallrettung verfügen und eine zusätzliche Weiterbildung erhalten, bevor er auf dem Notfallkrankentransportwagen als Transportführer eingesetzt wird.

Bei Großschadenslagen ist eine Koordination durch einen leitenden Notarzt und einen organisatorischen Leiter Rettungsdienst notwendig¹⁰¹.

2.2.7 Stadt- und Landrettung im Vergleich

Die Stadterrettung unterscheidet sich deutlich von der Landrettung. Dennoch gibt es fließende Übergänge, in denen eine Stadt direkt an den ländlichen Raum grenzt und beide Arten miteinander verbunden werden, sodass die Unterschiede nicht so groß sind.

Meine Betrachtungen beziehen sich auf typische Städte (Klein- und Großstädte bis zu Ballungszentren) im Vergleich zu ländlichen Regionen mit überwiegend landwirtschaftlicher Nutzfläche und Wohngebieten mit Dorfcharakter.

Für diesen Vergleich zwischen Stadt- und Landrettung wird als Unterscheidungsmerkmal

¹⁰¹ Ziegenfuß 2011: 2.

in rettungsdienstimmanente Faktoren und externe Einflüsse unterteilt.

2.2.7.1 Rettungsdienstimmanente Faktoren

In der Stadt ist die Dichte der Rettungsmittel größer als auf dem Land, auch NEF sind leichter verfügbar, wodurch sich auch die Hilfsfrist verkürzt. Längere Anfahrtszeiten auf dem Land führen dazu, dass häufiger Rettungsmittel aus dem Nachbarkreis alarmiert werden müssen, wenn beispielsweise die einzigen beiden RTW und NEF eines Landkreises durch einen Einsatz blockiert sind.

Wegen einer höheren Bevölkerungszahl ist in der Stadt die Einsatzdichte größer als auf dem Land. Dies könnte sich auch auf Ladezeiten von E-Fahrzeugen auswirken.

Zwar haben die Stadt-E-RTW, aufgrund von kürzeren Standzeiten an den Rettungswachen, niedrigere Ladestände, jedoch können sie häufiger an Krankenhäusern geladen werden. Auf dem Land dagegen sind die Akkus der E-RTW nach längeren Standzeiten an den Rettungswachen und weniger Einsätzen häufiger aufgeladen. Kritisch wird es jedoch bei Folgeeinsätzen und Großschadensereignissen, zumal es auf dem Land weniger Krankenhäuser gibt und größere Distanzen überbrückt werden müssen.

Auch die Schichtsysteme und die Arbeitsbelastungen in der Stadt- und Landrettung sind unterschiedlich. So umfassen die Dienstzeiten auf dem Land gewöhnlich Zeitspannen von 24 Stunden, während sie in der Stadt in der Regel 8 – 12 Stunden dauern. Aufgrund der erhöhten Einsatzfrequenz in der Stadt ist das Personal ständigen Belastungen ausgesetzt. Da der Einsatz mit einem E-RTW ruhiger ist und ein erleichtertes Fahren ermöglicht, könnte dies der Stressreduktion dienen.

2.2.7.2 Externe Faktoren

Die Infrastruktur des Straßennetzes besteht in der Stadt häufig aus Kurzstrecken mit vielen Kreuzungen, Ampeln, Parkbuchten, Geh- und Radfahrwegen. Dagegen gibt es auf dem Land längere Wege auf Landstraßen und enge Gassen in den Dörfern.

Höhere Geschwindigkeiten auf Landstraßen führen häufiger zu schweren Unfällen mit

Schwerverletzten und Todesopfern, wogegen in der Stadt bei Unfällen öfter großer Sachschaden mit Leichtverletzten auftritt.

Auf dem Land beeinflusst das Wetter den Rettungsdienst stärker als in der Stadt.

In den Wintermonaten wirken sich niedrige Temperaturen, Stürme, Frost und Schneefälle nachteilig auf die Straßenverhältnisse aus, da die Straßen durch den Winterdienst nicht rechtzeitig geräumt werden können. Auch Nebel entsteht häufiger auf dem Land, was die Sichtverhältnisse beeinträchtigt und vermehrt zu Unfällen führt. Dies alles erschwert die Arbeit der Rettungskräfte auf dem Land.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist die Bevölkerungsstruktur. Auf dem Land leben viel mehr ältere Menschen als in der Stadt, wodurch sich die Ursachen für einen Rettungsdiensteinsatz und die Häufigkeit des Geschehens unterscheiden. Einsätze durch übermäßigen Drogenkonsum beziehen sich auf dem Land hauptsächlich auf Alkoholkonsum, während in der Stadt auch andere Drogen eine Rolle spielen. Einsätze bei Massenveranstaltungen im sportlichen Bereich, zu kulturellen Anlässen oder politischen Demonstrationen bilden auf dem Land eher eine Ausnahme, treten dagegen in der Stadt regelmäßig auf.

2.3 Forschungsstand der Elektromobilität im Rettungsdienst

2.3.1 Überblick

Es gibt bereits viele Pilotprojekte mit E-RTW und E-KTW. Einige laufen derzeit noch, andere wurden mehr oder weniger erfolgreich abgeschlossen. Auch Hybrid-KTW und -RTW sind in der Planung, so dass am Ende die Vor- und Nachteile aller drei verschiedenen Antriebsmodelle, also Diesel, Elektro und Hybrid, miteinander verglichen werden können¹⁰².

Der weltweit erste 5,5 Tonnen E-RTW der Firma Wietmarscher Ambulanz- und Sonderfahrzeug GmbH (WAS) bietet die Grundlage der meisten Pilotprojekte

¹⁰² Landkreis Rotenburg 2022.

(siehe Abbildung 4). Seine Ladezeit beträgt 3,5 Stunden im 22-kW Modus, 1,5 Stunden im 50-kW Modus und weniger als 1 Stunde im 100-kW Modus und ein Zwischenladen für 20 - 30 Minuten bei 22-kW ermöglicht eine Reichweitenverlängerung um ca. 30 km¹⁰³. Im Fahrzeug ist eine selbsthemmende, nicht brennbare Batterietechnik verbaut und im Cockpit lässt sich der Batteriestatus überblicken. E-RTW sind außerordentlich effizient, was u.a. an der integrierten Überwachung der Stromversorgung und der Energierückgewinnung durch Rekuperation liegt. Auch bei diesem Modell sind, wie in Kapitel 2.1. beschrieben, die Betriebskosten gering, da u.a. der Elektromotor effizienter als ein Dieselmotor ist und viele Wartungskosten, wie z. B. Ölwechsel etc. entfallen¹⁰⁴. In Abbildung 5 lassen sich die wesentlichen Leistungsmerkmale ablesen.



Abbildung 4: E-Ambulanz der Firma WAS 2022¹⁰⁵

WESENTLICHE LEISTUNGSMERKMALE	
E-Management	Fahrzeugmanagement-System mit Anzeigemonitor
Hocheffizienter Synchronmotor	ca. 1150 Nm Drehmoment 147 kW Leistung
Vmax	120 km/h
Nominalspannung	ca. 400V
On Board Ladegerät	22 kW AC / 50 kW DC, optional: 100 kW DC (Gleichstrom-Schnellladen)
Heizung/Klimatisierung	Integriertes System mit Vorkonditionierung
Reichweite	150-200 km*
Batterieleistung	87 kWh
Zul. Gesamtgewicht	5,5 t

* unter realen Bedingungen, abhängig vom Fahr- und Einsatzprofil

Abbildung 5: Wesentliche Leistungsmerkmale des 5,5 Tonnen E-RTW¹⁰⁶

¹⁰³ Wietmarscher Ambulanz- und Sonderfahrzeug GmbH 2022.

¹⁰⁴ Ebd.

¹⁰⁵ Ebd.

¹⁰⁶ Ebd.

2.3.2 Teststandorte

Bisher wurde der E-RTW von WAS in mehr als 20 Städten getestet. WAS spricht 2022 über „[...] 1235 erfolgreich gefahrene Einsätze während der Testphase im Regelrettungsdienst“¹⁰⁷.

Bedeutende wegweisende Beispiele von Pilotprojekten mit E-RTW und E-KTW waren der weltweit erste 5,5 Tonnen E-RTW im Kreis Steinfurt in Ochtrup¹⁰⁸ (von WAS), Stuttgart (von WAS) und in Frankfurt¹⁰⁹ (von WAS), ebenso wie ein E-KTW in Bindow¹¹⁰ (von Mercedes Benz und Ambulanz Mobile).

Weitere Pilotprojekte mit E-RTW der Firma WAS:

- BF Hannover
- BF Hamburg
- Paris
- Nürtingen (gebirgig) am Rande der Schwäbischen Alb (Baden-Württemberg)
- Landkreis Rotenburg (Wümme, RW Rotenburg)
- DRK-Rettungswache in Bergen-Enkheim
- RW Bad Salzuflen Kreis Lippe
- Stadt Herford, Zürich

Auch das Universitätsklinikum Münster hat einen der E-RTW der Firma WAS im klinischen Transport getestet.

Auf der Insel Borkum ist seit dem 12.06.2020 ein E-RTW der Firma Volkswagen stationiert. Er gehört zur DRK-Rettungsdienst/Krankenförderung Leer GmbH¹¹¹.

¹⁰⁷ Wietmarscher Ambulanz- und Sonderfahrzeug GmbH 2022.

¹⁰⁸ Gesenhues 2021: 28 – 32.

¹⁰⁹ Huck, Heilmann 2022: 22 – 25.

¹¹⁰ Berger-Winkler 202: 40 – 43.

¹¹¹ Völklein 2020.

2.3.3 Pilotprojekte

Betrachten wir nun vier Pilotprojekte näher.

Tabelle 1: Die Pilotprojekte

Pilotprojekte	<i>E-RTW Ochtrup</i>	<i>E-RTW Hannover</i>	<i>E-RTW Frankfurt (Bergen-Enkheim)</i>	<i>E-KTW Bindow</i>
Kategorien				
<i>Ort</i>	Landrettung	Stadtrettung	Stadtrettung	Stadt- und Landrettung
<i>Anfahrtswege (i.d.R.)</i>	lang	kurz	kurz	lang
<i>Schichtsystem</i>	12 h	24 h	24 h	12 h
<i>Ladung</i>	11 kW	22 kW AC, 50 kW DC, 100 kW DC	22 kW AC, 50 kW DC, 100 kW DC	35 kW AC, 47 kW AC, 100 kW DC
<i>Dauer u. Jahr des Projekt</i>	3 Wochen in 2022	6 Wochen in 2020	2 Wochen in 2020	3 Monate in 2021
<i>Reichweite Ladeinfrastruktur</i>	200 km, reichte nicht aus nur Wache, keine KH	200 km, reichte aus Wache und 3 zentrale KH	200 km, reichte meist aus nur Wache, keine KH	90 km, reichte nicht aus nur Wache, keine KH
<i>Übernahme Folgeeinsätze Zeiten außer Dienst</i>	nicht möglich ja, längere Zeiträume	möglich nein, Ladezustand nie unter 40 %	bedingt möglich ja, einmal, weil Ladestand unter 25 %	nicht möglich ja, längere Zeiträume
<i>Technischer Zwischenfall, der Patienten gefährdete</i>	nein	nein	nein	nein
<i>Sonstiger technischer Zwischenfall</i>	ja, Beschlagen der Scheiben, Fehler in der Steuerungssoftware ¹¹²	nein ¹¹³	ja, zweimal Probleme mit Tragetisch ¹¹⁴	nein ^{115 116}

¹¹² Gesenhues 2021: 28-32

¹¹³ Ebd.: 28-32

¹¹⁴ Huck, Heilmann 2022: 22-25

¹¹⁵ Johanniter-Unfall-Hilfe e.V. 2021

¹¹⁶ Berger-Winkler 2021: 40-43.

2.3.3.1 Anmerkungen zur Tabelle

Bei der Ladung sind die unterschiedlichen On Board Ladegeräte zu beachten. AC steht hier für das klassische Wechselstromladen, DC steht für Gleichstrom.

In *Ochtrup* gab es nur einen Lade-Modus von 11 kW AC, was zu einem sehr langsamen Laden führte.

Hannover verfügte über 3 Lade-Modi: 22 kW AC, 50 kW DC und optional gab es eine 100 kW DC-Gleichstrom-Schnelllade-Möglichkeit.

Frankfurt verfügte über 3 Lade-Modi: 22 kW AC, 50 kW DC und optional gab es eine 100 kW DC-Gleichstrom-Schnelllade-Möglichkeit.

Bindow verfügte über 3 Lade-Modi: 35 kW AC, 47 kW DC und optional gab es eine 100 kW DC-Gleichstrom-Schnelllade-Möglichkeit.

Die Reichweite von 200 km reichte in *Ochtrup* nicht aus. Das lag an den langen Ladezeiten und fehlenden Lademöglichkeiten an den Krankenhäusern. Da man nur an der Rettungswache laden konnte, war ein Laden während der Patientenübergabe und der Fahrzeugaufrüstung nicht möglich.

Die Reichweite von 200 km reichte trotz fehlender Ladeinfrastruktur an den Krankenhäusern in *Hannover* aus.

Die Reichweite von 200 km reichte trotz fehlender Ladeinfrastruktur an den Krankenhäusern in *Frankfurt* meistens aus. Lediglich einmal wurde ein Ladestand von 20 % verzeichnet.

Die Reichweite von 90 km reichte in *Bindow* nicht aus. Das lag an der geringen Akkukapazität und den fehlenden Lademöglichkeiten an den zentralen Notaufnahmen der Krankenhäuser.

2.3.3.2 Schlussfolgerungen aus der Tabelle

Anhand der Tabelle ist ersichtlich, dass im ländlichen Bereich eine Schnelllademöglichkeit an den Rettungswachen der E-RTW und E-KTW sowie an den zentralen Notaufnahmen der Krankenhäuser zwingend notwendig ist.

In der Stadt sind Lademöglichkeiten an den zentralen Notaufnahmen der Krankenhäuser für E-RTW nicht zwingend erforderlich, sondern lediglich an den Rettungswachen. Dennoch wäre es aus Sicherheitsgründen wünschenswert, Lademöglichkeiten an beiden Standorten bereitzustellen.

Eine Mindestreichweite von 200 km sollte für alle E-Einsatzfahrzeuge angestrebt werden. Des Weiteren sollten mindestens 22 kW AC-Lade-Modi verwendet werden.

2.3.3.3 Ergebnisse der Pilotprojekte

2.3.3.3.1 Wirtschaftlichkeit

Die hohen Anschaffungskosten lassen sich hauptsächlich auf die verwendete Akku-Technik zurückführen¹¹⁷.

Durch die geringen Servicekosten und niedrigeren Energiepreise entsteht laut einem Hersteller ein Betriebskostenvorteil von ca. 34 % gegenüber einem konventionellen RTW mit gleichem Aufbau und Fahrgestell¹¹⁸.

Um ein Beispiel zu nennen: Bei 77 Einsätzen in Frankfurt am Main wurden ca. 1.400 km zurückgelegt. Somit konnte ca. 280 Liter Kraftstoff gespart werden. Dies entspricht einer Ersparnis von ca. 560 Euro, wenn ein Literpreis von ca. 2 Euro zugrunde gelegt wird¹¹⁹.

2.3.3.3.2 Benutzerfreundlichkeit

Es wurde ein angenehmes Fahrgefühl und eine ruhige Geräuschkulisse beim Fahren hoher Geschwindigkeiten verzeichnet. Dadurch wurde eine bessere Kommunikation im

¹¹⁷ Gesenhues 2021: 31.

¹¹⁸ Ebd.: 30.

¹¹⁹ Huck, Heilmann 2022: 24.

Team und zum Patienten gewährleistet¹²⁰.

Anfängliche Bedenken seitens der Mitarbeiter lösten sich schnell auf¹²¹. Insgesamt war ein großes Interesse und Engagement bei vielen Mitarbeitern zu beobachten. Die meisten Mitarbeiter hatten Spaß an den Pilotprojekten¹²².

Der Einsatz- und Arbeitsablauf blieb für die Mitarbeitenden unverändert¹²³.

Bei der Patientenversorgung wurde ein sanftes Beschleunigungs- und Bremsverhalten festgestellt, welches sich positiv auf die psychische Belastung der Patienten auswirkte¹²⁴.

2.3.3.3.3 Ladeinfrastruktur

Lademöglichkeiten sollten zumindest überall an allen Rettungswachen vorhanden sein. Auf dem Land sind Ladesäulen zwingend an den Krankenhäusern zu installieren. Ohne diese notwendigen Einrichtungen hat die E-Mobilität auf dem Land aktuell keine Zukunft¹²⁵.

Das Einrichten von Ladesäulen an den Krankenhäusern ist in manchen Fällen aufwendiger als gedacht. Stellenweise werden solche Vorhaben aus versicherungstechnischen Gründen verworfen¹²⁶.

2.3.3.3.4 Umsetzbarkeit

Die Qualitätsansprüche im Rettungsdienst sind hoch. Alarmfahrten, Standheizung, Klimaanlage und Motorweiterlaufschaltung sind eine hohe technische Belastung¹²⁷.

Es gab keinen markanten Zwischenfall mit der Heiz- oder Kühlleistung der

¹²⁰ Gesenhues 2021: 31.

¹²¹ Ebd.: 32.

¹²² Huck, Heilmann 2022: 24.

¹²³ Gesenhues 2021: 32.

¹²⁴ Ebd.: 31.

¹²⁵ Ebd.: 32.

¹²⁶ Huck, Heilmann 2022: 23.

¹²⁷ Ebd.: 22.

E-Einsatzfahrzeuge¹²⁸.

Ein E-KTW benötigt längere Reichweiten als es mit derzeitiger Technik möglich ist. Zusätzlich müssen zwingend Lademöglichkeiten an den Krankenhäusern und anderen Zielorten bereitgestellt werden¹²⁹.

Im ländlichen Bereich genügt eine Reichweite von 200 km bei den E-RTW nicht. Die Ladezeiten auf der Wache sind zu lang und es fehlt häufig eine Ladeinfrastruktur an den Krankenhäusern¹³⁰.

Es wurde eine Hybridlösung besonders für die Landrettung vorgeschlagen.

Mehrere Mitarbeiter, die an den Pilotprojekten teilnahmen, gaben zu bedenken, dass im Falle eines länger anhaltenden Stromausfalls oder bei Großschadenslagen die Einsatzbereitschaft der E-Fahrzeuge problematisch sein könnte.

Ohne Ladestationen an den Krankenhäusern sind Folgeeinsätze auf dem Land nicht möglich.

Die E-Mobilität in der Stadterrettung hat definitiv eine Zukunft. Hier müssen in jedem Fall Lademöglichkeiten an den Rettungswachen bestehen und an den Krankenhäusern wären sie wünschenswert. Ein Aufladen an den Krankenhäusern ist jedoch nicht immer umsetzbar, beispielsweise bei der Versorgung eines kritischen Patienten oder bei fehlender Infrastruktur. Auch in Städten mit größeren Höhenunterschieden ist ein Rettungsdienst mit Elektromobilität vorstellbar. So lässt sich bei Gefälle mittels Rekuperation Energie zurückgewinnen.

Die Umsetzung der E-Mobilität in der Landrettung ist ebenfalls denkbar. Für ihren Erfolg ist es jedoch zwingend notwendig, dass zentrale Krankenhäuser über (Schnell-) Lademöglichkeiten verfügen¹³¹.

¹²⁸ Berger-Winkler 2021: 42.

¹²⁹ Ebd.: 40 - 43.

¹³⁰ Gesenhues 2021: 31.

¹³¹ Ebd.: 31.

2.4 Elektromobilität bei der Feuerwehr

Da sich das Einsatzumfeld zu einem RTW ähnelt, wird an dieser Stelle kurz über Erfahrungen mit dem Elektrolösch- und Hilfeleistungsfahrzeug (E-LHF) der Berliner Feuerwehr berichtet.

Im Jahre 2018 startete die Berliner Feuerwehr das Projekt E-LHF¹³², welches seit 2020 in der Praxis erprobt wird. Es ist ein Hybrid-Fahrzeug mit Range Extender. Der Elektromotor dient hierbei als primärer Antrieb, der Dieselmotor als Range Extender zur Aufladung und ggf. zur Sicherstellung eines längeren Betriebes. Es kann eine elektrische Reichweite von ca. 100 Kilometern erreicht werden und an der Einsatzstelle kann ein elektrischer Betrieb von 60 bis 90 Minuten realisiert werden. Der Dieseltank umfasst 130 Liter, sodass die Dauer des dieselektrischen Betriebs auf ca. 4 Stunden kommt. Zur Aufladung des Akkus steht ein Schnellladesystem von 100 kW zur Verfügung¹³³. Die Kosten eines solchen Fahrzeuges belaufen sich auf 1 bis 1,1 Millionen Euro pro Fahrzeug ohne Beladung¹³⁴. Nach 2 Jahren, mit 14 000 zurückgelegten Kilometern und 1386 erfolgreich absolvierten Einsätzen, wurde eine positive Bilanz gezogen¹³⁵.

¹³² Berliner Morgenpost 2022.

¹³³ Berliner Feuerwehr 2020.

¹³⁴ Berliner Morgenpost 2022.

¹³⁵ Gandzior 2022.

3 Methode

Um die Forschungsfrage der Arbeit zu beantworten, wird das qualitative Experteninterview genutzt. Gründe hierfür sind zum einen das anwendungsbezogene Thema und zum anderen das geringe Angebot an Literatur.

Für sich genommen bietet jedes der beiden Themen Elektromobilität und Rettungsdienst eine Fülle an Fachliteratur. Dagegen ist die Literaturlauswahl zum speziellen Thema Elektromobilität im Rettungsdienst sehr gering.

3.1 Umfang der Analyse

Die Bandbreite elektrobetriebener Fahrzeuge mit ihren Spezifikationen ist weit gefächert. Sie umfasst rein elektrisch betriebene Fahrzeuge, solche mit einem Hybrid-Antrieb, Fahrzeuge mit Range Extender und mit Wasserstoff-Brennstoffzellen.

Um die Forschungsfrage zu beantworten, wurde in der Auswertung der Ergebnisse der Experteninterviews das Hauptaugenmerk auf die Bewertung der Technologie der rein elektrisch betriebenen Fahrzeuge gelegt. Erwähnung finden die Fahrzeuge mit Hybrid-Antrieb und Fahrzeuge mit Wasserstoff-Technologie nur in dem Maße, wie sie für die Forschungsfrage von Interesse sind. Eine ausführlichere Betrachtung, die sämtliche Antriebsarten berücksichtigt, würde den typischen Umfang einer Bachelorarbeit übersteigen.

3.2 Qualitative Forschung

Grundsätzlich wird zwischen zwei Methoden der empirischen Sozialforschung unterschieden – der qualitativen und quantitativen Methode¹³⁶.

Im Unterschied zur quantitativen Forschung, bei der „[...] anhand von empirischen Daten statistisch auswertbare und verallgemeinerbare Aussagen getroffen werden [...]“¹³⁷, wird bei der qualitativen Forschungsmethode ein spezielles, meist komplexes Phänomen

¹³⁶ Baur und Blasius 2014: 41 f.

¹³⁷ Misoch 2015: 1.

„[...] in seiner ganzen Breite“ beschrieben¹³⁸. Eine Form der qualitativen Datenerhebung ist das Interview¹³⁹. Robert Kaiser (2014: 2) erklärt, dass es insgesamt drei verschiedene Interviewformate gibt: das narrative Interview, das ethnographische Interview und das Experteninterview.

3.3 Experteninterview

Das qualitative Experteninterview definiert Kaiser als „[...] ein systematisches und theoriegeleitetes Verfahren der Datenerhebung in Form der Befragung von Personen [...]“¹⁴⁰. Hierbei dient der Gesprächspartner, welcher über exklusives Wissen verfügt, als „Lieferant von Informationen“¹⁴¹. Das klassische Einsatzgebiet von solchen Interviews ist die Fallstudie. Da das qualitative Experteninterview offen geführt wird und eine „[...] geringe [...] Standardisierung der Instrumente der Datenerhebung [...]“¹⁴² vorliegt, können die gewonnenen Informationen „[...] nicht sinnvoll statistisch ausgewertet werden“¹⁴³. Somit müssen die Daten interpretativ analysiert werden, was aber systematisch, also anhand von bestimmten Kriterien, durchgeführt werden kann.

Kaiser nennt drei Gütekriterien für Experteninterviews, welche auch in der empirischen Sozialforschung angenommen werden:

1. „Die intersubjektive Nachvollziehbarkeit der Verfahren der Datenerhebung und Datenauswertung,“¹⁴⁴
2. „Die theoriegeleitete Vorgehensweise,“¹⁴⁵
3. „Die Neutralität und Offenheit des Forschers gegenüber neuen Erkenntnissen sowie anderen Relevanzsystemen und Deutungsmustern.“¹⁴⁶

¹³⁸ Brosius et al. 2022: 4.

¹³⁹ Misoch 2015: 13.

¹⁴⁰ Kaiser 2014: 6.

¹⁴¹ Ebd.: 2.

¹⁴² Ebd.: 3.

¹⁴³ Ebd.: 3.

¹⁴⁴ Ebd.: 9.

¹⁴⁵ Ebd.: 9.

¹⁴⁶ Ebd.: 9.

Das erste Gütekriterium kann bei qualitativen Experteninterviews nicht erfüllt werden, denn das Erhebungsinstrument weist keinen zufriedenstellenden Grad an Standardisierung auf. Bei zwei unabhängigen Forschern können bei demselben Erhebungsinstrument und den gleichen Interviewpartnern keine identischen Ergebnisse erzielt werden. Somit muss der Forscher den gesamten „[...] Prozess der Datenerhebung, ihrer Analyse und Interpretation [...]“¹⁴⁷ aufzeigen und festhalten. So können kritische Leser den gesamten Prozess mit ihren einzelnen Schritten nachvollziehen und bewerten. Beim Experteninterview sollten hauptsächlich die Kriterien der Expertenauswahl, die Interviewsituation, der Leitfaden und die Auswertungsmethode offen gelegt werden¹⁴⁸. Bei der theoriegeleiteten Vorgehensweise - dem zweiten Gütekriterium - soll zu Beginn eine umfangreiche Literaturrecherche mit einem anschließenden fundierten Theorieteil vorliegen. Die abschließende Auswertung und die kritische Interpretation sollten mit dem theoretischen Wissen verknüpft werden¹⁴⁹.

Bei dem dritten wesentlichen Aspekt geht es darum, dass der Forschende sein Interview stets offen und unvoreingenommen durchführt. Er soll die Informationen und Bewertungen des Gesprächspartners neutral aufnehmen, analysieren und keine eigene Meinung einfließen lassen. Zu dem anspruchsvollen Kriterium der Objektivität gehört auch, dass der Forschende die Interviews nicht für die Bestätigung eigener Hypothesen nutzen darf¹⁵⁰.

Diese qualitative Methode weist einen höheren Grad an Strukturierung auf, weswegen ein Leitfaden benötigt wird¹⁵¹.

3.3.1 Leitfaden

Der Interviewleitfaden ist das Erhebungsinstrument und beinhaltet einen Fragenkatalog. Zudem kann sich der Interviewer an diesem während des Interviews orientieren und die Situation strukturieren¹⁵². Er soll das Interview neutral und offen führen, sodass der

¹⁴⁷ Kaiser 2014: 6.

¹⁴⁸ Ebd.: 6.

¹⁴⁹ Ebd.: 7.

¹⁵⁰ Ebd.: 8.

¹⁵¹ Ebd.: 3.

¹⁵² Ebd.: 5.

Experte frei auf die Fragen antworten kann¹⁵³. Außerdem soll er das Gespräch bewusst inhaltlich sowie thematisch steuern und es „nicht aus der Hand geben“¹⁵⁴. Je nach Erfahrung und persönlicher Neigung des Interviewers können die Fragen lediglich als Kategorien vorliegen oder schon ausformuliert vorgefertigt werden¹⁵⁵. Die Reihenfolge der Fragen und die Formulierungen sind jedoch nicht vorgegeben¹⁵⁶. Die Experten sollen während der Interviews nicht direkt mit der Forschungsfrage konfrontiert werden, sondern mit Fragen, „[...] die der Realität ihres Wirkungskontextes angepasst sind“¹⁵⁷. Die Fragen sollen für die Experten nachvollziehbar sein und mittels ihres Erfahrungsstandes beantwortet werden können¹⁵⁸. Im Leitfaden sollen die Forschungsfrage und der Theorieteil, anhand von Kategorien, in Fragen abgebildet werden. Die thematische und inhaltliche Steuerung des Gesprächs durch den Interviewer sowie die einzelnen Kategorien dienen der Vergleichbarkeit der verschiedenen Experteninterviews in der Auswertung¹⁵⁹. Der Leitfaden soll auch wichtige Hinweise zur Interviewsituation enthalten. Darunter sind Ablauf, Forschungsziel und Datenschutz zu verstehen. Des Weiteren soll der Interviewende, anhand des Leitfadens, seinen Status als „Co-Experte“ belegen¹⁶⁰. Somit erkennt der Gesprächspartner im Interview bereits bei der Beschreibung des Forschungsvorhabens, inwieweit sich der Interviewer in die Thematik eingearbeitet hat. Neben den Schlüssel- bzw. Hauptfragen sollen Rückfragen bereitstehen, falls der Interviewpartner eine Hilfestellung benötigt und noch keine detaillierte Aussage getroffen hat¹⁶¹.

In dem Leitfaden dieser Arbeit wurden deduktiv sechs Schlüsselfragen mit potenziellen Rückfragen vorformuliert (halbstrukturierte Interviewform).

¹⁵³ Misoch 2015: 65 ff.

¹⁵⁴ Kaiser 2014.: 5.

¹⁵⁵ Bogner et al. 2014: 28.

¹⁵⁶ Misoch 2015: 65 f.

¹⁵⁷ Kaiser 2014.: 4.

¹⁵⁸ Ebd.: 52.

¹⁵⁹ Misoch 2015: 66.

¹⁶⁰ Kaiser 2014: 53 ff.

¹⁶¹ Bogner et al. 2014: 28 f.

Die Schlüsselfragen gehören folgenden Kategorien an:

- Kosten (Wirtschaftlichkeit)
- Benutzerfreundlichkeit
- Auswirkungen auf die Patienten
- Ladeinfrastruktur
- Umsetzbarkeit
- Ausblick

Es wurde im Vorfeld bewusst auf die Bildung von Hypothesen verzichtet, um die Unabhängigkeit der Führung des Interviews zu gewährleisten.

3.3.2 Aufzeichnung, Transkription und Auswertung

Um einem Datenverlust vorzubeugen, werden die Experteninterviews, nach Zustimmung des jeweiligen Experten, mithilfe eines Diktiergeräts aufgezeichnet.

Die Interviews werden nicht vollständig bzw. wörtlich, sondern lediglich selektiv mittels „Schlüselfakten“ transkribiert. Jeder gesprochene Satz des Experten wird der jeweiligen Kategorie bzw. Frage nach seiner Bedeutung zugeordnet. Die Auswertung erfolgt themenorientiert, d.h. es werden nur spezifische Aussagen verwertet, die das Thema betreffen¹⁶². Somit werden die Aussagen inhaltsgetreu und komprimiert zusammengefasst¹⁶³. „Das Ziel der Zusammenfassung ist die Reduktion des Textmaterials auf die analytisch relevanten Inhalte“¹⁶⁴. Im Vorhinein werden Kategorien deduktiv gebildet, welche während der Auswertung um induktiv gewonnene Kategorien ergänzt werden, um noch genauere Aussagen zu erhalten. Am Ende können so die Kategorien miteinander verglichen werden.

¹⁶² Misoch 2015: 124 ff.

¹⁶³ Ebd.: 125.

¹⁶⁴ Kaiser 2014: 91.

3.3.3 Auswahl der Experten

In dieser Arbeit wird das Schneeballprinzip benutzt. Das bedeutet, dass die Experten gebeten werden, weitere potenzielle Interviewpartner mit ähnlichen Erfahrungen vorzuschlagen. Diese sollen auch über das spezielle Branchenwissen verfügen, sodass sie für diese Studie relevant sind. Des Weiteren werden Personen akquiriert, die geeignet erscheinen, einen sinnvollen Beitrag für diese wissenschaftliche Arbeit zu leisten und breit gefächerte Informationen zur Beantwortung der Forschungsfrage zu liefern. Diese Stichproben entsprechen dem Prinzip der einfachen Verfügbarkeit¹⁶⁵. Die Experten sollen praxisrelevantes Wissen bzw. Erfahrungen im Bereich Elektromobilität im Rettungsdienst haben und bei den Pilotprojekten E-RTW und/oder E-KTW mitgewirkt haben. Somit wurden Organisationen, Feuerwehren und Rettungswachen per E-Mail und Telefon kontaktiert. Sie wurden im Vorfeld über den Inhalt, der aktuellen thematischen Situation und den Ablauf des Interviews informiert. Das betrifft die Fragen, die Anonymität und die Datenschutzvereinbarung. Außerdem wurden sie über die Dauer des Interviews, der Forschungsziele bzw. dem Forschungsvorhaben, die Methoden und über den Interviewer selbst unterrichtet. Letztere persönliche Vorstellung umfasste das Studium, die Erfahrung im Rettungsdienst und die Forschungsmotivation.

Aufgrund der zeitlichen Begrenzung der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit wurde eine Stichprobe von höchstens 5 Experten (n=5) angestrebt.

Die Experten, die im Rahmen dieser Arbeit interviewt wurden, haben umfassendes Deutungswissen zum Thema „Elektromobilität im Rettungsdienst“ und sie haben alle bei den Pilotprojekten E-RTW oder E-KTW mitgewirkt.

Tabelle 2: Die Interviewpartner

Experte	Organisation	Berufsbezeichnung	ID
Experte 1	Hilfsorganisation	Regionalvorstand	E1
Experte 2	Berufsfeuerwehr	Sachgebietsleiter	E2
Experte 3	Berufsfeuerwehr	Technischer Sachbearbeiter	E3

¹⁶⁵ Misoch 2015: 193.

4 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der empirischen Forschung vorgestellt, die durch die Befragung von drei Experten (n=3) ermittelt wurden. Die Berufsbezeichnungen der Experten sind in Tabelle 2 aufgeführt. Die Transkripte der Interviews wurden mittels „Schlüselfakten“ erstellt und finden sich im Anhang wieder (siehe Anhang 1 - 3). Die Interviews wurden anhand eines Leitfadens durchgeführt (siehe Anhang 4). Die Fragen hierzu wurden deduktiv in Kategorien eingeteilt und gliedern dieses Kapitel. Die Experteninterviews werden in Bezug auf diese Kategorien ausgewertet.

Die Einstiegsfragen sollen Auskunft über die Experten geben. Sie wurden gebeten, ihre Berufsbezeichnung, ihre täglichen Aufgaben und Berufserfahrung zu beschreiben. Des Weiteren wurden sie aufgefordert, ihre fachspezifischen Erfahrungen mit der Elektromobilität im Rettungsdienst zu beschreiben¹⁶⁶.

Experte Nummer 1 (E1) arbeitet als Regionalvorstand bei einer Hilfsorganisation im Osten Deutschlands. Er verfügt über langjährige Berufserfahrung in seiner Position ebenso wie im aktiven Rettungsdienst. Erfahrungen mit der E-Mobilität konnte er in verschiedenen beruflichen Bereichen sammeln und im Rettungsdienst hat er an einem Pilotprojekt mit einem E-KTW teilgenommen¹⁶⁷.

Experte E2 arbeitet als Sachgebietsleiter im Bereich der technischen Beschaffung von Elektromobilität bei einer Berufsfeuerwehr im Norden Deutschlands und hat Erfahrung mit E-RTW¹⁶⁸.

Experte E3 ist technischer Sachbearbeiter einer Berufsfeuerwehr im Norden Deutschlands und verfügt über langjährige Berufserfahrung im Bereich Rettungsdienst und E-Mobilität¹⁶⁹.

¹⁶⁶ Anhang 4, Leitfaden für die Experteninterviews, Einstiegsfragen.

¹⁶⁷ Anhang 1, Experteninterview Nr. 1 (E1), Z. 21 - 24.

¹⁶⁸ Anhang 2, Experteninterview Nr. 2 (E2), Z. 18 f.

¹⁶⁹ Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z. 18 f.

4.1 Wirtschaftlichkeit

Diese Kategorie soll Aufschluss über die Wirtschaftlichkeit geben. Es wird versucht herauszufinden, ob die Elektromobilität im Rettungsdienst aus wirtschaftlichen Gründen sinnvoll erscheint.

4.1.1 Anschaffungskosten

Übereinstimmend geben E2 und E3 an, dass die E-RTW und E-LHF ungefähr das Doppelte im Vergleich zu dieselbetriebenen RTW bzw. LHF kosten^{170,171}. Ein E-LHF kostet nach E2 ca. 1,3 Millionen Euro, während sich die Kosten eines konventionellen LHF auf ca. 600 000 Euro belaufen. E2 betont, dass man dabei berücksichtigen muss, dass es sich hierbei um Spezialanfertigungen handelt, für die noch kein Serienfahrgestell entwickelt wurde. Er nimmt an, dass es zu einer erheblichen Preissenkung führen würde, wenn feuerwehrtaugliche Serienfahrgestelle mit entsprechender Akku-Technologie in größerer Stückzahl produziert werden könnten¹⁷².

Eine 23 kW Ladesäule kostet nach Angaben von E2 ca. 100 000 Euro, die Ausgaben für eine Schnellladesäule dagegen belaufen sich auf ca. 250 000 Euro. Wenn Rettungswachen komplett mit E-Fahrzeugen und entsprechender Ladeinfrastruktur ausgestattet werden, ist mit hohen Kosten zu rechnen. Gleiches gilt für die Ladeinfrastruktur von Krankenhäusern. Nach Ansicht von E2 werden sich die Betriebskosten der Wachen, wie z. B. der Strombedarf ebenfalls deutlich erhöhen¹⁷³. E1 erklärt, dass die Anschaffung und der Einbau einer Wallbox ca. 4000 Euro kostet und dass bei langfristiger Nutzung des Elektrofahrzeuges, durch das Ende der Pilotprojekte, sämtliche Kosten vollumfänglich auf die Rettungswachen zukommen¹⁷⁴. Auch die Mitarbeiterschulung sowie die

¹⁷⁰ Anhang 2, Experteninterview Nr. 2 (E2), Z. 27 f.

¹⁷¹ Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z. 33 ff.

¹⁷² Anhang 2, Experteninterview Nr. 2 (E2), Z. 35 - 39.

¹⁷³ Ebd., Z. 108.

¹⁷⁴ Anhang 1, Experteninterview Nr. 1 (E1), Z. 32 ff.

Einrichtung entsprechender Arbeitsplätze führt zu weiteren Ausgaben¹⁷⁵.

4.1.2 Fördergelder

Die Berufsfeuerwehr von E3 versucht, Fördergelder zu beantragen, um damit eigene E-RTW finanzieren zu können¹⁷⁶. Im Fall einer Förderung werden durch das Bundesministerium für Wirtschaft Mehrkosten von maximal 350 000 Euro zu 80 % übernommen. In absoluten Zahlen sind das rund 280 000 Euro. Bezogen auf die hohen Anschaffungskosten der E-Fahrzeuge ist das in den Augen von E2 sehr wenig¹⁷⁷.

4.1.3 Betriebskosten

Geringere Wartungskosten und geringerer Verschleiß führen gemäß E3 zu einer Kosteneinsparung. Über die Höhe der Einsparung liegen allerdings derzeit noch keine verlässlichen Daten vor¹⁷⁸.

E2 bezweifelt, dass E-Einsatzfahrzeuge momentan wirtschaftlich betrieben werden können¹⁷⁹.

E3 erwartet langfristig eine Kostensenkung bei fortschreitender Technik¹⁸⁰.

4.2 Benutzerfreundlichkeit

4.2.1 Fahrgefühl und Geräuschkulisse

Alle Experten bestätigen ein überwiegend positives Feedback der Mitarbeiter, das Fahrgefühl und die Geräuschkulisse betreffend. E2 versichert, dass E-Fahrzeuge erhebliche Verbesserungen und Vorteile gegenüber Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor

¹⁷⁵ Anhang 2, Experteninterview Nr. 2 (E2), Z. 249 ff.

¹⁷⁶ Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z. 29 f.

¹⁷⁷ Anhang 2, Experteninterview Nr. 2 (E2), Z. 29 - 34.

¹⁷⁸ Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z. 33 - 36.

¹⁷⁹ Anhang 2, Experteninterview Nr. 2 (E2), Z. 26 f.

¹⁸⁰ Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z. 198 f.

mit sich bringen und deutlich leiser sind¹⁸¹. Sowohl im Fahrgastraum als auch im Patientenraum ist eine Unterhaltung in Zimmerlautstärke möglich. Die Geräuschkulisse ist so niedrig, dass bei Fahrten ins Krankenhaus (ohne Sonderrechte) manuell am Patienten Blutdruck gemessen werden kann und über das Stethoskop Pulsgeräusche wahrzunehmen sind. Durch den niedrigen Schwerpunkt liegt der E-RTW deutlich ruhiger auf der Straße und das Kurvenfahren ist einfacher. Eine Beschleunigung bis 120 km/h erfolgt dabei sanft und ohne Schaltpausen¹⁸².

4.2.2 Motivation

Ökologische Gesichtspunkte, dass mit der Einführung von Elektromobilität im Rettungsdienst ein Beitrag zum Umweltschutz geleistet werden kann, stellen nach Aussagen von E1 keine ausschlaggebende Motivation dar.

Die meisten Mitarbeiter waren hinsichtlich der neuen Technologie des Fahrzeuges jedoch sehr neugierig¹⁸³, offen sowie aufgeschlossen und zeigten eine hohe Einsatzbereitschaft¹⁸⁴. Das waren hauptsächlich die jüngeren Mitarbeiter, die älteren Mitarbeiter hatten demgegenüber große Besorgnis vor einem vorzeitig entladenen Akku und lehnten die neue Technik grundsätzlich ab¹⁸⁵.

Überstunden, die durch zu langes Laden entstehen, sind bei den Kollegen nicht erwünscht¹⁸⁶.

4.2.3 Einsatz- und Arbeitsablauf

Es mussten für alle Pilotprojekte ein dieselbetriebenes Reservefahrzeug zur Sicherheit im Hintergrund vorgehalten werden. Die E-RTW von zwei Experten (E2 und E3) waren innerstädtisch eingesetzt, aber das Reservefahrzeug war nach einiger Zeit überflüssig und

¹⁸¹ Anhang 2, Experteninterview Nr. 2 (E2), Z 58 ff.

¹⁸² Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z 41 - 50.

¹⁸³ Anhang 1, Experteninterview Nr. 1 (E1), Z 45 - 49.

¹⁸⁴ Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z 51 - 62.

¹⁸⁵ Anhang 1, Experteninterview Nr. 1 (E1), Z. 50 - 57.

¹⁸⁶ Ebd., Z. 84 f.

wurde im Pilotprojekt von E3 auch für den restlichen Testzeitraum nicht in Anspruch genommen¹⁸⁷.

E2 kritisiert, dass zum Laden eines E-RTW das Ladegerät herausgeholt und die Ladesäule freigeschaltet werden muss, wodurch ein Zwischenladen bei einem kritischen Patienten ausgeschlossen wird. Das Ladegerät eines E-RTW muss auf der Wache eingesteckt und beim Einsatz herausgezogen werden, während bei einem herkömmlichen RTW u.a. die Medizingeräte auf der Wache geladen werden und der Stecker im Einsatzfall automatisch ausgeworfen wird. Darüber hinaus bemängelt E2 beim E-RTW ein Gewichts- und Platzproblem, da Akkus bei Serienfahrgestellen an Stellen verbaut werden, welche die Feuerwehr für die Beladung benötigt¹⁸⁸.

Beim E-KTW musste aufgrund von Platzproblemen auf eine Vakuummatratze verzichtet werden. Ansonsten ist die Ausstattung des E-KTWs ähnlich wie die herkömmlicher KTW¹⁸⁹.

4.3 Auswirkungen auf die Patienten

Es gab keine negativen Auswirkungen auf die Patienten, somit stellt sich ein E-KTW in dieser Hinsicht nicht schlechter dar als ein dieselbetriebener KTW¹⁹⁰. Das physische und psychische Wohlbefinden der Patienten verbesserte sich sogar im Vergleich mit herkömmlichen Krankentransport- und Rettungswagen. Einige Patienten hatten weniger Schmerzen, Übelkeit und Stress, selbst bei Fahrten mit Sondersignal. Bei 'Mutter und Kind'-Fahrten war das Kind ruhiger. Das deutlich leisere Fortbewegen war sehr angenehm für die Patienten, sie nahmen ein Anfahren häufig nicht wahr¹⁹¹.

Da sich die Akkus des E-KTWs im Boden befinden, musste bei der Ausstattung auf ein Trittbrett für den leichteren seitlichen Einstieg der Patienten verzichtet werden, was für einige Patienten problematisch war¹⁹².

¹⁸⁷ Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z. 55 - 58.

¹⁸⁸ Anhang 2, Experteninterview Nr. 2 (E2), Z. 40 ff.

¹⁸⁹ Anhang 1, Experteninterview Nr. 1 (E1), Z. 71 - 75.

¹⁹⁰ Ebd., Z. 66 f.

¹⁹¹ Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z. 47 f und 67 - 70.

¹⁹² Anhang 1, Experteninterview Nr. 1 (E1), Z. 71 ff.

4.4 Ladeinfrastruktur

4.4.1 Lademöglichkeiten

Bei den Krankenhäusern, die E1 benennt, befinden sich die Ladestationen nicht an den zentralen Notaufnahmen, sondern auf entfernten Parkplätzen¹⁹³. E2 und E3 hingegen berichten von Ladestationen an einigen Krankenhäusern, die an den zentralen Notaufnahmen installiert sind. Allerdings wurde das Zwischenladen an den beiden Krankenhäusern bei dem innerstädtischen Pilotprojekt von E3 sehr selten genutzt¹⁹⁴.

Einsatzfahrzeuge stehen an Krankenhäusern zum Teil in Warteschlangen, was E1 in Bezug auf Ladevorgänge kritisch betrachtet¹⁹⁵.

Bei allen Experten ist eine Lademöglichkeit auf den Wachen gegeben.

Die städtische Ladeinfrastruktur ist bei E3 nicht vorhanden. Er hält es für sinnvoll, städtische Ladesäulen nutzen zu können, an denen das Fahrzeug auch zwischenladen kann¹⁹⁶.

4.4.2 Ausbau der Ladeinfrastruktur

Übereinstimmend erklären die Experten, dass die Ladeinfrastruktur noch nicht gut ausgebaut ist. Ein weiterer Ausbau ist geplant¹⁹⁷. Auf dem Land erfolgt nur eine langsame flächendeckende Versorgung mit Ladesäulen¹⁹⁸.

Für Schnellladesäulen an Rettungswachen und Krankenhäusern muss eine komplette Infrastruktur geschaffen werden¹⁹⁹.

Der Ausbau ist sehr teuer, bereitet viel Arbeit und stellt eine enorme Herausforderung für die Organisationen dar. Die elektrischen Leitungen müssen auf den Wachen dafür

¹⁹³ Anhang 1, Experteninterview Nr. 1 (E1), Z. 82 f.

¹⁹⁴ Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z. 91 - 94.

¹⁹⁵ Anhang 1, Experteninterview Nr. 1 (E1), Z. 88 ff.

¹⁹⁶ Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z. 107 ff.

¹⁹⁷ Anhang 2, Experteninterview Nr. 2 (E2), Z. 100 - 112.

¹⁹⁸ Anhang 1, Experteninterview Nr. 1 (E1), Z. 80 ff.

¹⁹⁹ Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z. 195 ff.

ausgelegt sein und Anschlüsse müssen mit entsprechenden Eigenschaften vorliegen.

Es ist schwierig, den in Norddeutschland regenerativ gewonnenen Strom nach Süddeutschland zu transportieren und es fehlt die Möglichkeit in Norddeutschland so viel regenerativen Strom zu produzieren wie benötigt wird²⁰⁰.

4.5 Umsetzbarkeit

4.5.1 Allgemein

Beim E-KTW war das Laden während der Übergabe nicht umzusetzen²⁰¹.

4.5.1.1 Qualitätsansprüche

Heizung und Klimaanlage der Elektrofahrzeuge waren bei allen Experten voll funktionsfähig. Die Benutzung von Heizung oder Klimaanlage hat sich nachteilig auf den Stromverbrauch und die Reichweite ausgewirkt²⁰².

Die hohen Qualitätsansprüche können nach Expertenmeinung (E3) eingehalten werden und es gab keine großen Probleme. Während der Fahrt muss nur für den Erhalt der Temperatur gesorgt werden²⁰³.

4.5.1.2 Kritikpunkte

Beim E-KTW waren Ferntouren bzw. längere Fahrten nicht möglich. Die reale Reichweite von 80 km ließ den E-KTW nur für Stadttouren regional einsetzen, Überlandfahrten sind momentan noch nicht möglich²⁰⁴.

Alle Experten heben hervor, dass die versprochene Reichweite der Hersteller nicht mit der Realität übereinstimmte. Nach Aussage von E1 stellen 40 km Differenz eine enorme

²⁰⁰ Anhang 2, Experteninterview Nr. 2 (E2), Z. 157 - 162.

²⁰¹ Anhang 1, Experteninterview Nr. 1 (E1), Z. 83 f.

²⁰² Ebd., Z. 100 - 103.

²⁰³ Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z. 127 - 133.

²⁰⁴ Anhang 1, Experteninterview Nr. 1 (E1), Z. 104 f.

Abweichung dar.

Das Bremsen und Wiederaufladen der Akkus (Rekuperation s. Kapitel 2.1.1.3.1) im Stadtverkehr reiche laut E1 nicht für größere Touren mit dem E-KTW aus.

E3 berichtet, dass seine Kollegen im Rahmen des innerstädtischen Pilotprojekts bei 53 % der Einsätze mit einer Kapazität von über 90 % zurückgekommen sind. Zwei Einsätze wurden mit Ladekapazitäten zwischen 40 – 50 % abgeschlossen, sodass die Situation, einen E-RTW im Notbetrieb (bei einer Kapazität von 20 %) einzusetzen, nicht aufgetreten ist. Die Reichweite des innerstädtisch eingesetzten E-RTWs war stets zufriedenstellend. Da die Fortbewegung am meisten Energie benötigt, stellen lange Einsatzwege die größte Herausforderung für die Ladekapazitäten dar²⁰⁵.

4.5.1.3 Hybridlösung in der Landrettung

In den Augen von E1 erscheint eine Hybridlösung für die Landrettung sinnvoll, während E2 eine gegenteilige Meinung vertritt. Seiner Ansicht nach sollte man entweder bei rein elektrischen Akkufahrzeugen (inklusive Brennstoffzelle) oder bei konventionellen Fahrzeugen bleiben²⁰⁶.

4.5.1.4 Technik

E3 versichert, dass laut Herstellerangaben Kälte nur geringe Auswirkungen auf die Akkus der E-LHF und E-RTW hat. Da die Akkus im Pilotprojekt hauptsächlich bei Zimmertemperaturen zwischen 15 und 20 Grad geladen wurden, konnten keine Erfahrungen gesammelt werden, ob sich Kälte nachteilig auf den Ladeprozess auswirkt²⁰⁷. Ein weiterer Aspekt ist laut E3 der zuverlässige und nahezu wartungsfreie Betrieb der Elektromotoren, die ohne Getriebe auskommen²⁰⁸.

²⁰⁵ Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z. 80 - 100.

²⁰⁶ Anhang 2, Experteninterview Nr. 2 (E2), Z. 181 - 184.

²⁰⁷ Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z. 138 - 148.

²⁰⁸ Ebd., Z. 182 ff.

4.5.1.5 Brandschutzkonzepte

E1 ist davon überzeugt, dass die Frage nach einem Brandschutzkonzept kein Problem darstellt. Die Brandschutzkonzepte sind für die E-RTW grundsätzlich vorhanden und die Verwendung der neuen Batteriegeneration (Lithium-Eisen-Phosphat), welche sich nicht von selbst entzünden kann, führt zu keinen besonderen Brandschutzforderungen²⁰⁹.

4.5.1.6 Großschadenslagen und lange Standzeiten

Großschadenslagen, bei denen E-KTW zum Einsatz kommen, sieht E1 kritisch. In einem solchen Fall sollte man sicherheitshalber auf dieselbetriebene Einsatzfahrzeuge zurückgreifen²¹⁰.

E2 schließt Elektrofahrzeuge bei Großschadenslagen nicht gänzlich aus. Rettungsdienstliche Fahrzeuge seien auf Grund ihres Zwecks und ihrer Position an solchen Einsatzstellen weniger problematisch. Während E-Fahrzeuge mit Range Extender an dieser Stelle sinnvoll erscheinen, schließt E2 rein elektrisch betriebene E-Löschfahrzeuge allerdings aus²¹¹.

Für Großschadenslagen muss grundsätzlich ein Teil der Fahrzeuge mit anderen Antrieben ausgestattet sein²¹². Lange Standzeiten sind bei Großschadenslagen nicht allein das Problem, da die meiste Energie durch das Bewegen der Fahrzeuge benötigt wird. So verbraucht z. B. die LED-Technik nur sehr wenig Strom und auch für die Medizingeräte, die in der Regel schon vollgeladen mitgeführt werden, muss nur eine Ladeerhaltung stattfinden. E3 ist überzeugt, dass selbst bei Betrieb aller Verbraucher innerhalb von 12 Stunden nicht sämtliche Akkus des Fahrzeuges vollständig entladen werden können²¹³.

²⁰⁹ Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z. 119 - 126.

²¹⁰ Anhang 1, Experteninterview Nr. 1 (E1), Z. 116 ff.

²¹¹ Anhang 2, Experteninterview Nr. 2 (E2), Z. 124 - 139.

²¹² Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z. 147 - 152.

²¹³ Ebd., Z. 153 - 161.

4.5.1.7 Folgeeinsätze

Nach Angaben von E1 steht der nächste Auftrag (Folgeeinsatz) bei den KTW in der Stadt meistens direkt nach der Übergabe an. Aufgrund des Ladens war die Übernahme von Folgeeinsätzen beim E-KTW nicht möglich²¹⁴.

Somit wird für Folgeeinsätze das Zwischenladen an Krankenhäusern erforderlich²¹⁵.

4.5.1.8 Anhaltender Stromausfall

In den Augen von E2 ist ein Blackout ein reales Problem, aber dazu liegen noch keine Erfahrungswerte vor. Ladesäulen mit Netzersatzanlagen könnten zusätzliche Sicherheit bieten. Um sich auf einen Blackout vorzubereiten, verfügt die Polizei über Netzersatzanlagen mit 300 kW Schnellladesäulen, an denen die Einsatzfahrzeuge im Falle eines Blackouts geladen werden können²¹⁶.

4.5.2 Stadtrettung

E1 hält die E-Mobilität im Rettungsdienst für das reine Stadtgebiet (Ballungsraum) mit ausgebauter Ladeinfrastruktur grundsätzlich für sinnvoll. Seiner Meinung nach sind kurze Wege und zentrale Notaufnahmen, welche mit Lademöglichkeiten ausgestattet sein müssen, wichtig. Insbesondere erscheint ihm der Einsatz reiner E-NEF als auch Hybrid-NEF in Ballungsräumen vielversprechend. Er sieht aber speziell den E-RTW sehr kritisch, da dieser wegen der hohen Einsatzfrequenz in der Stadt nicht so schnell geladen werden kann²¹⁷.

Auch E2 hält die Elektromobilität im Rettungsdienst für das reine Stadtgebiet für zukunftsfähig. Er schränkt allerdings ein, dass dies jedoch eine gut ausgebaute Ladeinfrastruktur mit Schnellladesäulen voraussetzt, denn die Einsatzfrequenz in der Stadt ist höher und die E-Fahrzeuge kommen nicht so schnell zum Laden zurück zum

²¹⁴ Anhang 1, Experteninterview Nr. 1 (E1), Z. 91 ff.

²¹⁵ Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z. 104 ff.

²¹⁶ Anhang 2, Experteninterview Nr. 2 (E2), Z. 113 - 121.

²¹⁷ Anhang 1, Experteninterview Nr. 1 (E1), Z. 123 - 134.

eigenen Standort²¹⁸. Daher muss eine häufigere Zwischenladung an den Krankenhäusern gewährleistet sein.

E3 stellt fest, dass die Reichweite des WAS-E-RTW-Prototyps von 250 km im Innenstadtbetrieb aufgrund der kurzen Entfernungen völlig ausreichend ist und befürwortet ebenfalls den Ausbau der E-Mobilität in der Stadttretung²¹⁹.

4.5.3 Landrettung

Der Erfolg der E-Mobilität auf dem Land hängt entscheidend vom Aufbau einer Ladeinfrastruktur und der Einsatzfrequenz ab²²⁰. Es ist notwendig, auf dem Land alle Krankenhäuser mit Ladesäulen auszustatten²²¹. Auf dem Land ist die Einsatzfrequenz niedriger, somit ist ein längeres Laden gewährleistet. Die Anfahrtswege sind jedoch länger und man kann seltener am Krankenhaus zwischenladen²²². Die beim 23 kW E-RTW zur Verfügung stehende Reichweite von 300 km wurde in Einsätzen nie erreicht, so findet es E2 unproblematisch, einen Einsatz durchzuführen, den E-RTW auf die Wache zurückzufahren und dort aufzuladen. Mit einer 50 kW Schnellladesäule wären, nach Einschätzung des Experten, die Akkus im Schnitt in den einsatzfreien Intervallen wieder aufgeladen²²³.

Auf dem Land sind größere Distanzen zu überbrücken²²⁴. E3 sieht dies kritisch und hält einen rein batterieelektrischen E-RTW für den Überlandbetrieb aktuell eher für ungeeignet²²⁵.

Die gleiche Ansicht vertritt E1. Nach seinen Erfahrungen, die er im Pilotprojekt sammeln konnte, sind gegenwärtig Fahrten über größere Distanzen bei geringer Akkukapazität nicht möglich. Eine Hybridlösung erscheint ihm sinnvoll²²⁶.

E2 hält allerdings eine Hybridlösung in der Landrettung nicht für sinnvoll. Seiner Meinung

²¹⁸ Anhang 2, Experteninterview Nr. 2 (E2), Z. 190 - 231.

²¹⁹ Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z. 192 - 195.

²²⁰ Anhang 2, Experteninterview Nr. 2 (E2), Z. 190 ff.

²²¹ Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z. 193 - 197.

²²² Anhang 2, Experteninterview Nr. 2 (E2), Z. 198 ff.

²²³ Ebd., Z. 192 - 196.

²²⁴ Ebd., Z. 199 f.

²²⁵ Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z. 171 ff.

²²⁶ Anhang 1, Experteninterview Nr. 1 (E1), Z. 104 - 109.

nach sollte man sich auf dem Land entweder für rein elektrisch betriebene Fahrzeuge oder für konventionelle dieselbetriebene Fahrzeuge entscheiden²²⁷.

4.6 Ausblick

E1 ist der Ansicht, dass sich E-KTW und E-RTW bei besserer Ladeinfrastruktur und höheren Reichweiten durchaus im Rettungsdienst etablieren könnten. Da zum Thema E-NEF bisher nur wenig geforscht wurde, lässt sich dazu noch keine konkrete Einschätzung abgeben²²⁸. E1 sieht einen E-RTW aufgrund der hohen Einsatzfrequenz, der vielen Geräte an Bord, des Gewichts des Fahrzeuges und der geringen Erfahrungswerte kritisch. Auch E-KTW weisen eine hohe Einsatzfrequenz auf, was bezogen auf die Reichweite ebenfalls bedenklich ist. Somit vertritt E1 die Meinung, dass für die Implementierung der E-Mobilität im Rettungsdienst allgemein noch deutliche Verbesserungen angestrebt werden müssen, bezogen auf leistungsstärkere Akkus, eine größere Reichweite und eine besser ausgebaute Ladeinfrastruktur²²⁹.

Mittel- bis langfristig ist E2 der Meinung, dass sich E-Fahrzeuge mit reinem Akkuantrieb nicht durchsetzen werden. Für Fahrzeuge, die eine längere Strecke zurücklegen müssen, ist der Akkubetrieb derzeit, wegen seiner geringen Reichweite, nicht zukunftsträchtig²³⁰. Zur Vermeidung langer Ladezeiten schlägt E3 die Einrichtung von Ladesäulen mit 300 – 350 kW vor, denn dadurch könnte das Schnellladen von 87 kWh Batterien zur Problemlösung beitragen²³¹.

Nach Ansicht von E3 wird sich der Elektroantrieb unabhängig von der Herkunft des Stroms durchsetzen. Seinen Angaben zufolge hat ein Elektromotor nur insgesamt 30 – 35 % der Bauteile im Vergleich zu einem Verbrennungsmotor²³².

²²⁷ Anhang 2, Experteninterview Nr. 2 (E2), Z. 181 ff.

²²⁸ Anhang 1, Experteninterview Nr. 1 (E1), Z. 123 - 127.

²²⁹ Ebd., Z. 131 – 138.

²³⁰ Anhang 2, Experteninterview Nr. 2 (E2), Z. 211 ff.

²³¹ Anhang 3, Experteninterview Nr. 3 (E3), Z. 195 ff.

²³² Ebd., Z. 176 - 183.

5 Diskussion

5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht herauszufinden, inwieweit sich die E-Mobilität in den deutschen Rettungsdienst implementieren lässt und inwiefern sich dabei die Beurteilungen in Bezug auf den innerstädtischen und ländlichen Rettungsdienst unterscheiden. Dabei wurden drei Experteninterviews der qualitativen Forschung durchgeführt.

Die Ergebnisse der Interviews haben gezeigt, dass sich die E-Mobilität durchaus im deutschen Regelrettungsdienst durchsetzen könnte. Zunächst wurde davon ausgegangen, dass der Einsatz von rein elektrischen Fahrzeugen vor allem in der Stadt erfolgversprechend ist. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Elektromobilität auch in der Landrettung Perspektiven hat und das Thema Wasserstoff als weiterer alternativer Antrieb Potenzial besitzt.

5.2 Methodenkritik

Betrachtet man die Experteninterviews, so lässt sich festhalten, dass aufgrund der kleinen Stichprobe kaum verallgemeinerbare Aussagen getroffen werden können. Obwohl anfänglich eine Stichprobe von fünf Experten angestrebt wurde, konnten nur drei Experten befragt werden.

Diese geringe Resonanz lässt sich auf zweierlei Umstände zurückführen. Zum einen sind viele Experten im Rahmen der SARS-CoV-2-Pandemie mit Eindämmungsmaßnahmen beschäftigt. Zum anderen sind viele Führungskräfte, die für diese Bachelorarbeit potenziell qualifiziert wären, derzeit häufig in zeitkritische Planungen im Rahmen des Ukraine Konfliktes eingebunden.

Eine größere Stichprobe wäre für repräsentativere Aussagen von Vorteil gewesen. Bei einer größeren Anzahl von Experteninterviews hätten Fakten von weiteren

Organisationen aus unterschiedlichen Regionen (Stadt / Land / Übergang) einbezogen werden können.

Gleichwohl reichen für diese Bachelorarbeit drei Interviews aus, denn die ausgewählten Experten sind in besonderem Maße zur Beantwortung der Forschungsfrage qualifiziert. Sie verfügen aufgrund ihrer beruflichen Erfahrung sowie ihrer fachlichen Qualifikation über spezifisches Expertenwissen und bringen detaillierte Kenntnisse im Bereich der E-Mobilität im Rettungsdienst mit. Vor allem ihr Mitwirken an den Pilotprojekten befähigt sie, ihre Praxiserfahrungen vorzustellen. Durch ihre Tätigkeiten an verschiedenen geografischen Standorten konnten überregionale Aussagen verzeichnet sowie Unterschiede zwischen Stadt und Land herausgestellt werden. Für eine wissenschaftliche Arbeit ist es zudem vorteilhaft, Daten von Experten aus verschiedenen sowie aus gleichen Organisationen zu erheben, wie es hier der Fall ist. Insgesamt konnten relevante Aspekte zur Beantwortung der Forschungsfrage und ein tiefergehendes Verständnis der Thematik gewonnen werden.

Der Interview-Leitfaden sorgte für den Gesprächsfluss des Experten und für die Struktur des Interviewers. Durch die offen gestellten Fragen wurde der Befragte nicht in eine Richtung gedrängt. Da die Experten den höchsten Redeanteil hatten und einige Fragen gleichzeitig beantwortet wurden, ergab sich der Umstand, dass von der Reihenfolge der Fragen abgewichen wurde. Dies hatte jedoch keinen negativen Einfluss auf die Ergebnisse. Der Interviewer achtete darauf, dass trotzdem alle restlichen Haupt- und Rückfragen beantwortet wurden. Die Interviewfragen zum persönlichen Ausblick und ihren Ergänzungen sorgten stets dafür, dass auch von Seiten der Experten nichts ausgelassen wurde.

Die gewählte wissenschaftliche Methode ist für die vorliegende Bachelorarbeit geeignet, da sie gut strukturiert und leicht nachvollziehbar ist. Außerdem sind keine statistischen Kenntnisse für die Interpretation erforderlich und es konnte auf exklusives Wissen zugegriffen werden.

Der Theorieteil, insbesondere die Ergebnisse der Pilotprojekte, zeigen bereits erste Antworten auf die Forschungsfrage. Dennoch sind die Interviews für diese Arbeit unverzichtbar, denn nur so lassen sich exklusive Fragen beantworten und durch das Expertenwissen noch detailliertere Ergebnisse verzeichnen.

Die Auswertung der Ergebnisse orientierte sich an den deduktiv gebildeten Kategorien. Die Transkription erfolgte mittels Schlüsselfakten, die zu einer subjektiven Vorauswahl des Verfassers führte, aber die Beantwortung der Forschungsfrage nicht beeinflusste.

5.3 Kategorien

5.3.1 Wirtschaftlichkeit

Die Anschaffungskosten eines Elektrofahrzeuges sind ein häufig diskutiertes Thema. Das konnte auch in der Fachliteratur und in den Interviews festgestellt werden.

Die Experten waren sich einig, dass durch die Umstellung auf Elektro-Einsatzfahrzeuge hohe Mehrkosten auf die beteiligten Organisationen zukommen werden. Entsprechendes wurde auch im Theorieteil dieser Arbeit (2.1 Elektromobilität) beschrieben. Die Höhe der anfallenden Mehrkosten stellen eine nicht zu unterschätzende Herausforderung dar.

Die Erwartung, dass die E-Mobilität im Rettungsdienst aktuell noch nicht wirtschaftlich ist, hat sich bestätigt. Interessant ist, dass alle Experten in den nächsten Jahren eine Kostensenkung durch fortschreitende Technik erwarten. Ihre Erwartungen decken sich mit der Meinung von Experten in der Fachliteratur. Der größte Teil der Kosten wird durch die Akku-Technik hervorgerufen. Schreitet hier die Forschung weiter voran, werden die Akkus mit steigender Kapazität preisgünstiger.

Die drei Interviewexperten konnten keine genaue Einschätzung zu Betriebskosteneinsparungen abgeben. Das ist unerwartet, denn in einigen Pilotprojekten konnten bereits konkrete Zahlen genannt werden, die besagen, dass langfristig Ressourcen, Energie und Geld durch die Umsetzung der E-Mobilität in den Rettungsdienst gespart werden können.

5.3.2 Benutzerfreundlichkeit

In Übereinstimmung mit dem theoretischen Hintergrund dieser Arbeit wurden die Annahmen bestätigt, dass mit den E-Einsatzfahrzeugen ein positives Fahrgefühl sowie

eine angenehme Geräuschkulisse erreicht werden können.

Die E-RTW und E-KTW sind bei den meisten Mitarbeitern sehr beliebt und werden mit viel Engagement angenommen. Interessant ist, dass besonders die jüngeren Mitarbeiter der neuen Technologie gegenüber aufgeschlossener sind. Das Engagement geht so weit, dass sogar Schichten getauscht werden, um das E-Fahrzeug benutzen zu können, allerdings werden nur ungerne Überstunden durch lange Ladezeiten der Akkus akzeptiert.

Für die Einführung der elektrischen Einsatzfahrzeuge ist es wichtig, dass sich Einsatz- und Arbeitsablauf nicht stark verändern. Die Ergebnisse zeigen, dass die Voraussetzungen hierfür erfüllt sind.

Um auf E-Mobilität im Rettungsdienst umzusteigen, sollte es erstrebenswert sein, keinen konventionellen RTW mehr als Reserve-Fahrzeug bereitstellen zu müssen. Dieser Aspekt muss differenziert betrachtet werden. Während bei den Experten der E-RTW in der Stadt schnell klar wurde, dass kein herkömmlicher RTW mehr gebraucht wurde, musste im Pilotprojekt von E1 der Reserve-KTW mehrmals einspringen.

Die geringe Reichweite des E-KTWs und die fehlende Möglichkeit, während der Patientenübergabe zu laden, führen zu dem Problem, dass nicht auf ein Reserve-KTW verzichtet werden kann. Trotzdem sind KTW nicht grundsätzlich von der E-Mobilität auszuschließen. Bei einer höheren Reichweite durch technischen Fortschritt und besserer Ladeinfrastruktur auf dem Land wäre ebenfalls Potenzial für den Einsatz von E-KTW gegeben.

5.3.3 Auswirkungen auf die Patienten

Das Wohl der Patienten darf unter der E-Mobilität nicht leiden. Im Allgemeinen ist bekannt, dass sich elektrische Fahrzeuge durch sanftes Beschleunigungs- und Bremsverhalten auszeichnen. Somit ist zu erwarten, dass die E-Mobilität auch im Rettungsdienst eine positive Auswirkung auf die Patienten hat. Die Ergebnisse des Theorieteils der Arbeit und der Interviews bestätigen diese Annahme. Es kann eine signifikante Verbesserung für die Patienten verzeichnet werden. Die Fahrten mit den E-Einsatzfahrzeugen wirkten sich positiv auf die physische und psychische Belastung der Patienten aus. Das betrifft Schmerzen, Übelkeit und Stress. Wenn man herkömmliche

RTW und KTW betrachtet, wird häufig von unangenehmen Situationen während der Fahrt berichtet. Die Verbesserung des Wohlbefindens der Patienten während der Fahrt ist ein wesentlicher Vorteil der elektrischen Fahrzeuge.

Beim E-KTW fehlten ein Trittbrett für die Patienten und die Möglichkeit, eine Vakuummatratze zu verstauen. Diese Mängel sollten aber in der Zukunft mit verbesserten Fahrzeugen beseitigt werden können.

5.3.4 Ladeinfrastruktur

Die Ladeinfrastruktur ist essenziell für eine erfolgreiche E-Mobilität. In Deutschland ist die Ladeinfrastruktur noch nicht zufriedenstellend ausgebaut. Für die elektrischen Fahrzeuge im privaten Bereich ist das problematischer als für die Einsatzfahrzeuge. Bei Letzteren kommt es lediglich darauf an, eine entsprechende Lademöglichkeit an den Wachen und an den Zielorten, in der Regel sind das zentrale Notaufnahmen von Krankenhäusern, zu gewährleisten. Besonders auf dem Land müssen Lademöglichkeiten an den Krankenhäusern zur Verfügung stehen.

Der Ausbau geht nur schleppend voran und es entstehen hohe Kosten. Darüber sind sich die Experten einig. Allerdings gibt es auch hier Pläne der Bundesregierung, diesen Ausbau zu beschleunigen.

Um nicht nur emissionsfrei und klimaneutral am Verkehr teilzunehmen, ist es wichtig, Strom aus erneuerbaren Energien zu verwenden. E2 bemängelt jedoch, dass momentan noch nicht genug regenerativer Strom erzeugt wird.

Da wir noch relativ am Anfang der E-Mobilität stehen, erscheinen der Ausbau einer Ladeinfrastruktur und die Bereitstellung „grünen“ Stroms problematisch. Auch die Tatsache, dass in Einzelfällen an Krankenhäusern aus versicherungstechnischen Gründen keine Ladesäule stehen darf, bereitet auf den ersten Blick Schwierigkeiten. Dennoch muss man sich im Klaren sein, wie wichtig ein Umstieg auf erneuerbare Energien generell und insbesondere auch auf die E-Mobilität für die Menschheit ist. Technische Weiterentwicklungen und gesetzliche Rahmenbedingungen werden für solche Probleme in Zukunft Lösungen anbieten.

5.3.5 Umsetzbarkeit

Die Qualitätsansprüche an Fahrzeuge und Gerätschaften sind im Rettungsdienst hoch. Besondere Anforderungen werden an Heizung und Klimaanlage gestellt. Beide benötigen viel Energie. In den Pilotprojekten gab es keine markanten Zwischenfälle mit der Heiz- oder Kühlleistung der E-Einsatzfahrzeuge. Das spiegelt sich auch in den Ergebnissen der Experteninterviews wider. Bei allen Experten waren Heizung und Klimaanlage voll funktionsfähig. Dennoch sprach ein Experte an, dass sich die Benutzung von Heizung oder Klimaanlage nachteilig auf den Stromverbrauch und die Reichweite ausgewirkt hat. Im Falle des E-KTWs war dies problematisch. Bei den E-RTW wurde die Einsatzfähigkeit nicht eingeschränkt. Beim E-KTW war dies zu erwarten, denn die Reichweite reichte bei diesem Fahrzeug schon ohne Nutzung dieser Geräte nicht aus. Wichtig ist hierbei zu beachten, dass es noch keine Langzeit-Pilotprojekte gibt, die alle Jahreszeiten umfassen. Hier müssen noch weitere Tests erfolgen und es muss geprüft werden, ob die E-RTW den hohen Qualitätsansprüchen auch im Winter bzw. im Hochsommer in der Praxis gerecht werden. Nach den Erkenntnissen dieser Arbeit sollte dies jedoch, bei hoher Akkuleistung und ausgebauter Ladeinfrastruktur, keinen Einfluss auf die Einführung von E-Einsatzfahrzeugen im Rettungsdienst haben.

In der Fachliteratur sieht man Potenzial in der Einführung von Hybridfahrzeugen. So verfügt die Berliner Feuerwehr über ein E-LHF und dieses Hybridfahrzeug nimmt seit einigen Monaten erfolgreich an Einsätzen teil.

Da Hybridfahrzeuge im Rettungsdienst noch nicht getestet wurden, war davon auszugehen, dass die Experten dieses Thema kontrovers betrachten. So erscheint Experte 1 eine Hybridlösung für die Landrettung sinnvoll, während E2 gegenteiliger Meinung ist. Es fehlen diesbezüglich noch Erfahrungswerte, daher wäre eine weitergehende Forschung zu diesem Gebiet sinnvoll. Um E-Einsatzfahrzeuge auch auf dem Land flächendeckend zu etablieren, könnte eine Hybriderweiterung die zuverlässige Einsatzbereitschaft der Fahrzeuge sicherstellen.

Zum Thema Großschadenslagen vertreten die Experten unterschiedliche Ansichten. Während E1 Großschadenslagen für E-KTW kritisch sieht, hält E3 Einsätze mit

E-Fahrzeugen aufgrund des geringen Energieverbrauchs im Stand durchaus für möglich. E2 wiederum favorisiert den Einsatz von rettungsdienstlichen E-Fahrzeugen mit Range Extender. Trotz unterschiedlicher Einschätzungen der Interviewpartner zeigt sich das grundsätzliche Potenzial von E-Fahrzeugen, sogar bei Großschadenslagen.

Für die Implementierung der E-Mobilität in den Rettungsdienst fordert die Fachliteratur erhöhte Reichweiten und eine besser ausgebaute Ladeinfrastruktur. Wenn die Ladezeiten aufgrund fehlender Schnellladesäulen an Rettungswachen zu viel Zeit in Anspruch nehmen und die Krankenhäuser nicht über eine Ladeinfrastruktur verfügen, kann eine Umstellung auf E-Fahrzeuge in der Landrettung nicht erfolgversprechend stattfinden.

Interessant ist, dass zum Thema Reichweite alle drei Experten differenziert argumentieren. E1 sieht die geringe Reichweite von E-Fahrzeugen allgemein kritisch. Demgegenüber vertritt E3 den Standpunkt, dass E-RTW insbesondere für den innerstädtischen Betrieb geeignet sind und ihre Reichweiten ausreichen, während er E-RTW auf dem Land eher für ungeeignet hält.

E2 wiederum behauptet, dass sich rein elektrisch betriebene Einsatzfahrzeuge nicht durchsetzen werden, sondern Wasserstoff als Energieträger geeigneter erscheint.

Widersprüchlich dazu sind seine Aussagen in Bezug auf die Landrettung. In seinen Augen stellen dort die Reichweiten der rein elektrischen RTW in Abhängigkeit von einer gut ausgebauten Ladeinfrastruktur kein Problem dar.

Ebenso ist die Aussage von E1 widersprüchlich, wenn er beispielsweise E-RTW insgesamt kritisch sieht, andererseits der Ansicht ist, dass sich elektrische Einsatzfahrzeuge durchaus im Rettungsdienst durchsetzen können.

Abweichend zur Fachliteratur überrascht E1 mit der Aussage, dass durch Rekuperation kein großer Verbrauchsgewinn erzielt wurde.

Im Rahmen dieser Arbeit sollte man beachten, dass E1 mit dem E-KTW in seinem Pilotprojekt nicht nur gute Erfahrungen gesammelt hat. Bei diesem Modell war die Reichweite zu gering und keine Lademöglichkeiten an den Zielorten verfügbar. E3 bringt hauptsächlich Erfahrungen im Bereich E-Mobilität in der Stadterrettung mit, während E2 seinen Fokus auf Wasserstoff setzt.

KTW verzeichnen grundsätzlich viele Einsätze in schneller Abfolge. Um diesem Umstand gerecht zu werden, benötigen E-KTW unbedingt Schnelllademöglichkeiten an den Krankenhäusern und den anderen Zielorten, wie Pflegeheime, Arztpraxen usw. Eine Schnelllademöglichkeit an der Wache wäre wünschenswert, aber da KTW in der Regel nur wenig Zeit an ihrer Rettungswache verbringen, ist dies nicht zwingend erforderlich.

Auch Stadt-RTW sind aufgrund ihrer hohen Auslastung seltener an den Wachen als Land-RTW. Somit benötigen erstere nicht generell eine Schnelllademöglichkeit an der Wache, dies wäre jedoch wünschenswert. Aufgrund der kurzen Wege in der Stadt und bedingt durch das häufige Anfahren von Krankenhäusern, sollten alle Krankenhäuser mit einer Schnellladesäule ausgestattet werden. Dies kann ein Laden während der Patientenübergabe oder vor Folgeeinsätzen gewährleisten.

Auf dem Land sollten dagegen Schnellladesäulen an den Wachen sowie an den Krankenhäusern installiert sein. Durch die längeren Wege auf dem Land ist dies zwingend erforderlich.

5.4 Empfehlungen

Wegen der festgestellten Unterschiede in der Stadt- und Landrettung könnte darüber nachgedacht werden, ob man nicht unterschiedliche Wege hinsichtlich der Einführung von E-Einsatzfahrzeugen bestreiten sollte. So könnte man sich in der Stadttrettung auf reine E-Fahrzeuge beschränken, während auf dem Land übergangsweise Hybrid-Fahrzeuge eingeführt würden, die langfristig im Rahmen eines erweiterten Ausbaus der Ladeinfrastruktur durch reine E-Fahrzeuge ersetzt werden könnten. Es ist jedoch nicht absehbar, welche Richtung die Forschung einschlagen wird, sodass man abwarten muss, ob sich nicht eine andere Technologie in der E-Mobilität durchsetzen wird.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Weiterentwicklung der E-Mobilität im Rettungsdienst intensiviert werden muss und Forschungstätigkeiten ebenfalls auf E-Fahrzeuge ausgeweitet werden sollten, die bisher noch keine Beachtung gefunden haben. Neben den Fortschritten, die mit den E-KTW, E-RTW und E-LHF erzielt werden, sollte man sich

beispielsweise auch auf die Entwicklung und Einführung von E-NEF konzentrieren.

Auch das Thema Wasserstoff-Technologie bei Antriebsarten, einschließlich „E-Fuel“, muss weiterhin in Betracht gezogen werden. Hier sollte überprüft werden, inwiefern Hybridfahrzeuge mit Range Extender mit Wasserstoff betrieben werden können und wie diese in den Rettungsdienst implementiert werden können.

Forschungsschwerpunkte sollten auf die Weiterentwicklung der nicht brennbaren Akkutechnologie gelegt werden, einschließlich einer Forschung, die die Einwirkung von großen Temperaturunterschieden auf das Ladeverhalten der Akkus untersucht.

Ein weiterer interessanter Aspekt, dem nachgegangen werden sollte, ist die Herkunft des Stroms und der Frage, ob E-Fahrzeuge in der Stadt beispielsweise eines Tages induktiv auf den Straßen geladen werden können.

Hier ist noch sehr viel Raum für die weiterführende Forschung.

6 Fazit

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Experteninterviews und des theoretischen Teils dieser Arbeit kann resümiert werden, dass eine Implementierung elektrischer Einsatzfahrzeuge in den deutschen Rettungsdienst unter bestimmten Voraussetzungen möglich und erfolgversprechend ist. Trotz einiger Unterschiede zwischen Stadt- und Landrettung kann davon ausgegangen werden, dass die geographische Lage kein Ausschlusskriterium für die Umsetzbarkeit der Elektromobilität im jeweiligen Rettungsdienstbereich darstellt. Damit konnte dem Ziel der Arbeit und der Beantwortung der Forschungsfrage nähergekommen werden, wobei einige Differenzierungen zwischen den Fahrzeugtypen und der Stadt- und Landrettung einzubeziehen sind.

Die Erfahrungen, die im Rahmen von Pilotprojekten gesammelt wurden, zeigen, dass in der deutschen Stadtrettung die Etablierung von E-RTW durchaus realistisch erscheint. Als Voraussetzung hierfür müsste eine Ladeinfrastruktur mit Schnellademöglichkeiten an den zentralen Notaufnahmen der Krankenhäuser vorhanden sein. Darüber hinaus wäre es wünschenswert, die Rettungswachen mit normalen Ladesäulen auszustatten.

Auf dem Land ist eine Ausstattung mit E-RTW einschließlich Netzanbindung ebenfalls durchführbar. Dabei sind Schnellladesäulen an den Rettungswachen und an den Krankenhäusern sowie Akkukapazitäten mit Reichweiten von über 200 km zwingend notwendig.

Selbst bei Großschadenslagen mit Schnellladesäulen an den Krankenhäusern könnten E-RTW eingesetzt werden. Mögliche Antriebsalternativen mit Hybridfahrzeugen sollten nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Bezogen auf E-KTW erscheint ein Einsatz sowohl in der Stadt- als auch in der Landrettung vorstellbar. Ähnlich wie beim E-RTW sind die Voraussetzungen hierfür der Aufbau von Schnellladesäulen an den Krankenhäusern sowie anderen Zielorten wie z. B. Altenheimen, Arztpraxen etc. und ebenfalls hohe Akkukapazitäten mit Reichweiten von über 200 km.

Insgesamt ist eine technische Weiterentwicklung in Bezug auf Reichweitenerhöhung durch verbesserte Akkus ohne Nickel und Kobalt, zugleich ein Ausbau der Ladeinfrastruktur und eine deutlich ausgeweitete staatliche Förderung von großer Bedeutung für die Implementierung der E-Mobilität in den deutschen Rettungsdienst. Zeitgleich dazu wird eine weiterführende Forschung in den Bereichen Hybride, Wasserstoff-Technologie und Brennstoffzelle empfohlen.

Es ist unerlässlich, den CO₂-Ausstoß weltweit zu reduzieren und Strom durch erneuerbare Energien zu nutzen, um unsere Umwelt und Ressourcen zu schonen, denn aufgrund des Klimawandels sowie der Ressourcenknappheit hat Deutschland kaum andere Möglichkeiten, als auf E-Mobilität in allen Bereichen umzusteigen. In diesem Fall ist vor allem die Politik in der Pflicht, eine solche Veränderung mittels politischer Rahmenbedingungen, Gesetzen und staatlicher Förderungen anzustreben und zeitnah umzusetzen. Deutschland als moderne Industrienation könnte, ähnlich wie die skandinavischen Länder, ein globaler Vorreiter für Elektromobilität und grünen Strom werden, dessen Beispiel andere Nationen folgen würden.

Danksagung

Für die ausgezeichnete Unterstützung möchte ich mich bei meinen Betreuern Prof. Frank Hörmann sowie Prof. Karsten Loer bedanken. Sie haben mir diese Arbeit ermöglicht und zu jeder Zeit konstruktives Feedback gegeben.

Zudem möchte ich mich bei meiner Familie, meiner Freundin und meinen Freunden für die rücksichtsvolle Unterstützung in der Zeit des Schreibens meiner Bachelorarbeit bedanken.

Literaturverzeichnis

1. Barnack, Victoria (2019), Neue Flotte für den Rettungsdienst. [online]. Märkische Allgemeine. URL: <https://www.maz-online.de/lokales/teltow-flaeming/luckenwalde/neue-flotte-fuer-den-rettungsdienst-K3A7LMXEWXHUHF6BPM67UQUNQ.html>. [abgerufen am 17.11.2022].
2. Baur, Nina / Blasius, Jörg (2014), Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden: Springer VS.
3. Berger-Winkler, Andreas (2021), Elektrisch im Spreewald: Johanniter erproben eSprinter als KTW. In: *Rettungsdienst Zeitschrift für präklinische Notfallmedizin*, 44(10), S.40-43.
4. Berliner Feuerwehr (2020), eLHF. [online]. Berliner Feuerwehr. URL: <https://www.berliner-feuerwehr.de/technik/fahrzeuge/loeschfahrzeuge/loesch-und-hilfeleistungsfahrzeuge/elhf/>. [abgerufen am 11.09.2022].
5. Berliner Morgenpost (2022), Berliner Feuerwehr will vier weitere E-Löschautos anschaffen. [online]. Berliner Morgenpost. URL: <https://www.morgenpost.de/berlin/article236442427/E-Loeschfahrzeug-Berliner-Feuerwehr-bilanziert-Testbetrieb.html>. [abgerufen am 20.10.2022].
6. Bogner, Alexander / Littig, Beate / Menz, Wolfgang (2014), Interviews mit Experten *Eine praxisorientierte Einführung*. Wiesbaden: Springer VS.
7. Brosius, Hans-Bernd / Haas, Alexander / Unkel, Julian (2022), Methoden der empirischen Kommunikationsforschung *Eine Einführung*, 8., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Springer VS.

8. Brunnengräber, Achim / Haas, Tobias (2020), Baustelle Elektromobilität *Sozialwissenschaftliche Perspektiven auf die Transformation der (Auto-)Mobilität*. Berlin: Walter de Gruyter.
9. Doppelbauer, Martin (2020), Grundlagen der Elektromobilität Technik, Praxis, Energie und Umwelt. Wiesbaden: Springer Vieweg.
10. Gandzior, Andreas (2022), *E-Löschfahrzeug im Test: Berliner Feuerwehr zieht Bilanz*. [online]. Berliner Morgenpost. URL: <https://www.morgenpost.de/berlin/article235461397/E-Loeschfahrzeug-im-Test-Berliner-Feuerwehr-zieht-Bilanz.html>. [abgerufen am 17.09.2022].
11. Gesenhues, Leon (2021), E-Mobilität im Rettungsdiensteinsatz: Weltweit erster 5,5-t-Elektro-RTW in der Erprobung. In: *Rettungsdienst Zeitschrift für präklinische Notfallmedizin*, 44(7), S.28–32.
12. Huck, Katharina / Heilmann, Julian (2022), Im Notfall elektrisch? Zero Emission Ambulance – Testbetrieb beim DRK Frankfurt. In: *Rettungsdienst Zeitschrift für präklinische Notfallmedizin*, 45(7), S.22-25.
13. Johanniter-Unfall-Hilfe e.V., Regionalverband Südbrandenburg (2021), Unter Strom: „eKTW“. Cottbus: Johanniter.
14. Kaiser, Robert (2014), Qualitative Experteninterviews *Konzeptionelle Grundlagen und praktische Durchführung*. Wiesbaden: Springer VS.
15. Karle, Anton (2021), Elektromobilität *Grundlagen und Praxis*, 5., überarbeitete und erweiterte Auflage. München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.

16. Kraftfahrt-Bundesamt (2021), *Pressemitteilung Nr. 01/2021 – Elektromobilität in Deutschland auf der Überholspur*. [online]. KBA. URL: https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Allgemein/2021/pm01_2021_E_Antrieb.html. [abgerufen am 20.08.2022].
17. Landkreis Rotenburg (2022), *Zum Einsatz mit dem E-Rettungswagen*. [online]. Landkreis Rotenburg. URL: <https://www.lk-row.de/portal/pressemitteilungen/zum-einsatz-mit-dem-e-rettungswagen-900003560-23700.html>. [abgerufen am 19.10.2022]
18. Luxem, Jürgen / Kühn, Dietmar / Runggaldier, Klaus (2010), *Rettungsdienst RS/RH, 2., überarbeitete und erweiterte Auflage*. München: Urban & Fischer Verlag.
19. Misoch, Sabina (2015), *Qualitative Interviews*. Berlin/München/Boston: Walter de Gruyter GmbH.
20. Notter, Dominic A. / Kouravelou, Katerina / Karachalios, Theodoros / Daletou, Maria K. / Haberland, Nara Tudela (2015), Life cycle assessment of PEM FC applications: electric mobility and μ -CHP. In: *Energy and Environmental Science*, 8, 2015, S. 1969–1985.
21. Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (2022), *Generationenvertrag für das Klima*. [online]. Die Bundesregierung. URL: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>. [abgerufen am 22.08.2022].
22. Stan, Cornel (2015), *Alternative Antriebe für Automobile Hybridsysteme, Brennstoffzellen, alternative Energieträger, 4., aktualisierte und erweiterte Auflage*. Berlin Heidelberg: Springer Vieweg.

23. Völklein, Marco (2020), *Rettungsdienst unter Strom*. [online]. Süddeutsche Zeitung. URL: <https://www.sueddeutsche.de/auto/elektromobilitaet-rettungsdienst-unter-strom-1.4936312>. [abgerufen am 19.10.2022].
24. Wietmarscher Ambulanz- und Sonderfahrzeug GmbH (2022): *Nachhaltigkeit im Rettungsdienst: E-Ambulanz Mercedes-Benz Sprinter Kofferaufbau 5,5 T*. [online]. WAS. URL: <https://www.was-vehicles.com/de/innovation/was-500-e-rtw.html>. [abgerufen am 16.06.2022].
25. Ziegenfuß, Thomas (2011), *Notfallmedizin*, 5., überarbeitete Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Sämtliche wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommenen Stellen wurden im Text unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht. Ich bestätige, dass diese Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form zum Zeitpunkt der Abgabe weder veröffentlicht wurde noch einer Prüfungsbehörde vorgelegen hat. Sie wurde weder vollständig noch ausschnitthaft für eine andere Studien- oder Prüfungsleistung benutzt.



, den 30.11.2022

1 Anhang

2

3

4 Anhang 1 Experteninterview Nr. 1 (E1)

5

6

7 Dauer: ca. 34 Minuten am 12.09.2022

8

9

10 Nach der Begrüßung und einer kurzen Danksagung seitens des Interviewers erfolgte
11 dessen Vorstellung. Im Anschluss wurde die aktuelle Situation zur E-Mobilität in
12 Deutschland und speziell im Rettungsdienst vorgestellt sowie die Forschungsfrage näher
13 erläutert. Dem Experten (E1) wurden Informationen zum Interview gegeben. Dies
14 beinhaltete die sechs Schlüsselfragen mit Rückfragen, die Dauer von geplanten
15 30 Minuten und die Aufklärung über die Wahrung der Anonymität. Es wurde das
16 Einverständnis bezüglich der Tonaufzeichnung mittels Diktiergeräts eingeholt.

17

18

19 **Einstiegsfrage**

20

21 E1 ist Regionalvorstand einer Hilfsorganisation im Osten Deutschlands und verfügt über
22 langjährige Berufserfahrung in seiner Position und im aktiven Rettungsdienst. Er verfügt
23 über Erfahrung in der E-Mobilität in verschiedensten beruflichen Bereichen. Im
24 Rettungsdienst hat er in einem Pilotprojekt eines E-KTW mitgewirkt.

25

26

27 **Schlüsselfragen**

28

29 **Frage 1 Wirtschaftlichkeit**

30

31 Laut E1 hatte die Organisation aufgrund des Testlaufes keine Anschaffungskosten was
32 den E-KTW betrifft. Es entstanden lediglich Kosten für die Wallbox in der Rettungswache.
33 Diese beliefen sich auf insgesamt 4000 Euro, Arbeitszeitkosten inklusive. Die Stromkosten
34 wurden vom Landkreis getragen. Das Fahrzeug wurde von einem deutschen
35 Automobilhersteller und einem Aufbauhersteller für Sonderfahrzeuge zur Verfügung
36 gestellt. Es entstanden keine Versicherungskosten und es wurden keine Fördergelder
37 eingesetzt. Für das dieselbetriebene Reservefahrzeug, welches zur Sicherheit im
38 Hintergrund vorgehalten wurde, musste nur der Diesel von der Organisation getragen
39 werden. E1 ist der Ansicht, dass erst bei langfristiger Nutzung des E-Fahrzeuges Kosten
40 entstehen.

41

42

43 **Frage 2 Benutzerfreundlichkeit**

44

45 Bezüglich der Benutzerfreundlichkeit bestätigt E1 ein überwiegend positives Feedback
46 seitens der Mitarbeiter, das Fahrgefühl und die Geräuschkulisse betreffend. Der Beitrag
47 zum Klima sei keine ausschlaggebende Motivation unter den Rettungsdienstmitarbeitern.
48 Allerdings waren die Mitarbeiter hinsichtlich der neuen Technologie des Fahrzeuges sehr
49 neugierig. E1 gibt an, dass die Mitarbeiter eine geteilte Meinung zur Fortbewegung
50 vertraten. Besonders die jüngeren Mitarbeiter waren sehr an der E-Mobilität interessiert,
51 auch im privaten Bereich. Sie gaben konstruktive Kritik zu dem Pilotprojekt. Die anderen
52 Skeptiker, hier insbesondere die älteren Mitarbeiter, hatten große Besorgnis vor einem
53 vorzeitig entladenen Akku, was zu einem Liegenbleiben des E-KTW und zu einem Ausfall
54 sämtlicher elektrischer Geräte führen würde und damit einem Abgeschnittensein von der
55 Außenwelt gleichkäme. Sie waren laut E1 gegen etwas Neues und gaben keine
56 konstruktive Kritik. E1 vertritt die Meinung, dass dies wohl am Generationsunterschied
57 läge. Vor der Schicht konnten die Mitarbeiter zwischen dem dieselgetriebenen Fahrzeug
58 und dem E-KTW wählen.

59 E1 bestätigt, dass Ferntouren bzw. längere Fahrten nicht möglich seien und das Laden auf
60 der Autobahn mit Patienten an Bord nicht vertretbar sei. E1 behauptet, dass die
61 versprochene Reichweite der Hersteller nicht mit der Realität übereinstimme.

62

63

64 Frage 3 Auswirkungen auf die Patienten

65

66 Bei Frage 3 gibt E1 an, dass es keine negativen Auswirkungen auf die Patienten gab. Der
67 E-KTW sei in diesem Hinblick nicht schlechter als ein dieselbetriebener KTW. E1 versichert
68 zudem, dass das physische und psychische Wohlbefinden der Patienten verbessert
69 wurde. Nach Angaben von E1 hatten einige Patienten weniger Schmerzen, Übelkeit und
70 Stress. Das deutlich leisere Fortbewegen war sehr angenehm für die Patienten.

71 E1 sprach ein Problem an. Da sich die Akkus im Boden befinden, musste bei der
72 Ausstattung des E-KTWs auf ein Trittbrett verzichtet werden. Das war für einige Patienten
73 problematisch. Ansonsten ist die Ausrüstung des E-KTWs annähernd so wie bei einem
74 normalen KTW. Leidglich auf eine Vakuummatratze musste aufgrund von Platzproblemen
75 verzichtet werden.

76

77

78 Frage 4 Ladeinfrastruktur

79

80 Da das Pilotprojekt in einem ländlich geprägten Raum stattfand, ist E1 der Ansicht, dass
81 auf dem Land nur eine langsame flächendeckende Versorgung mit Ladesäulen erfolgen
82 wird. Er sieht es als ein technisches Problem an. Seinen Aussagen nach sind Ladestationen
83 nicht bei zentralen Notaufnahmen, sondern nur auf deren Parkplätzen vorhanden. Das
84 Laden während der Übergabe war somit nicht umzusetzen. E1 behauptet, dass durch zu
85 langes Laden entstandene Überstunden bei den Kollegen nicht erwünscht sind.

86 E1 gibt an, dass eine Lademöglichkeit auf der Rettungswache vorhanden war, ebenso wie
87 an einigen Krankenhäusern. Die Überlastung der Krankenhäuser der Rettungsdienste
88 verschärfen die Ladeproblematik noch zusätzlich. Einsatzfahrzeuge stehen an
89 Krankenhäusern zum Teil in Warteschlangen, was E1 in Bezug auf Ladevorgänge kritisch
90 betrachtet.

91 Nach Angaben von E1 steht der nächste Auftrag (Folgeeinsatz) meistens direkt nach der
92 Übergabe an, sodass es nicht möglich sei, die Fahrzeuge noch 20-30 Minuten zu laden.

93 Dementsprechend war die Übernahme von Folgeeinsätzen nicht möglich. E1 sagt, es sei
94 oft schon früh durchgegeben worden, dass eine Tour nach der anderen geplant war.

95

96

97 **Frage 5 Umsetzbarkeit**

98

99 E1 stellt fest, dass das Pilotprojekt 3 Monate lang dauerte und der E-KTW im April seinen
100 ersten Einsatz hatte. Obwohl Heizung und Klimaanlage voll funktionsfähig waren, wurden
101 sie im Frühling und Sommer nicht viel genutzt. Dennoch ließ sich feststellen, dass sich die
102 Benutzung von Heizung oder Klimaanlage bei der Reichweite bzw. beim Stromverbrauch
103 nachteilig bemerkbar machten.

104 Die reale Reichweite von 80 km ließen den E-KTW nur für Stadttouren regional einsetzen,
105 Überlandfahrten waren nicht möglich. E1 bemängelt, dass die angegebenen 120 km nicht
106 erreicht wurden und somit 40 km Differenz viel ausmacht.

107 Das Bremsen und Wiederaufladen der Akkus im Stadtverkehr reiche laut E1 nicht für
108 größere Touren aus.

109 Eine Hybridlösung sei in den Augen von E1 sinnvoll.

110 Er vertritt außerdem die Meinung, dass die E-Mobilität im Rettungsdienst für das reine
111 Stadtgebiet (Ballungsgebiet) mit ausgebauter Ladeinfrastruktur sinnvoll sei. Wichtig
112 wären laut E1 kurze Wege und zentrale Notaufnahmen, welche mit Lademöglichkeiten
113 ausgestattet sein müssten.

114 E1 ist davon überzeugt, dass die Frage nach einem Brandschutzkonzept kein Problem
115 darstellt.

116 Großschadenslagen mit dem E-KTW sieht E1 kritisch. Er geht davon aus, dass der E-KTW
117 dort nicht eingesetzt worden wäre, denn in einem solchen Fall hätte man
118 sicherheitshalber auf dieselbetriebene Einsatzfahrzeuge zurückgegriffen.

119

120

121 **Frage 6 Ausblick**

122

123 E1 ist der Ansicht, dass sich E-KTW und E-RTW bei besserer Ladeinfrastruktur und höheren

124 Reichweiten durchaus im Rettungsdienst durchsetzen könnten. E1 bemängelt aber den
125 Schwerpunkt der Forschung auf RTW und KTW. E1 bedauert, dass sich noch niemand mit
126 E-Notarzteinsatzfahrzeugen beschäftigt hat und diese bisher noch keine Berücksichtigung
127 erfahren haben. In seinen Augen würden in Ballungsräumen reine E-NEF oder Hybrid-NEF
128 sehr viel Sinn ergeben. Da es jedoch bis dato noch keine E-NEF gibt, solle man sich, seiner
129 Meinung nach, um die Entwicklung und Einführung solcher Fahrzeuge zuerst kümmern,
130 bevor E-KTW und danach erst E-RTW folgen sollten.

131 E1 sieht einen E-RTW kritisch, weil dieser seiner Ansicht nach eine hohe Einsatzfrequenz
132 habe, viele Geräte an Bord geladen werden müssen (z. B. Defibrillator, EKG mit Monitoring
133 etc.), es ein schweres Fahrzeug sei und noch nicht genug Pilotprojekte mit E-RTW
134 durchgeführt und ausgewertet wurden.

135

136 E1 vertritt die Meinung, dass noch deutliche Verbesserungen angestrebt werden müssen
137 bezogen auf eine größere Akkuleistung, eine höhere Reichweite und eine besser
138 ausgebaute Ladeinfrastruktur.

139

140

141 **Schluss**

142

143 **Ergänzungen:**

144

145 Keine Ergänzungen, nur dass sie selbst als Hilfsorganisation noch einiges verbessern und
146 an sich arbeiten müssen.

1 Anhang 2 Experteninterview Nr. 2 (E2)

2

3

4 Dauer: ca. 33 Minuten am 14.09.2022

5

6

7 Nach der Begrüßung und einer kurzen Danksagung seitens des Interviewers erfolgte
8 dessen Vorstellung. Im Anschluss wurde die aktuelle Situation bezüglich E-Mobilität in
9 Deutschland und speziell im Rettungsdienst vorgestellt sowie die Forschungsfrage näher
10 erläutert. Dem Experten (E2) wurden Informationen zum Interview gegeben. Dies
11 beinhaltete die sechs Schlüsselfragen mit Rückfragen, die Dauer von geplanten
12 30 Minuten und die Aufklärung über die Wahrung der Anonymität. Es wurde das
13 Einverständnis bezüglich der Tonaufzeichnung mittels Diktiergeräts eingeholt.

14

15

16 **Einstiegsfrage**

17

18 E2 arbeitet als Sachgebietsleiter im Bereich technische Beschaffung E-Mobilität bei einer
19 Berufsfeuerwehr im Norden von Deutschland und hat Erfahrung mit E-RTW.

20

21

22 **Schlüsselfragen**

23

24 **Frage 1 Wirtschaftlichkeit**

25

26 Auf die Frage nach der Wirtschaftlichkeit betont E2, dass hier von Wirtschaftlichkeit nicht
27 mehr die Rede sein kann. Er sagt, ein E-LHF (Elektrolösch- und Hilfeleistungsfahrzeug)
28 kostet das Doppelte im Vergleich zu einem LHF mit konventionellem Antrieb.

29 Nach Angaben von E2 gibt es Förderungen, welche aber noch nicht zur Verfügung stehen
30 und in der Höhe begrenzt sind. Mehrkosten von max. 350 000 Euro werden gefördert und
31 davon laut E2 letzten Endes nur 80%. Damit liegt seine Berufsfeuerwehr bei rund 280 000

32 Euro, die sie maximal an Fördermittel ausschöpfen kann.
33 Bei Kosten von ca. 1,3 Millionen Euro für ein E-LHF, gegenüber 600 000 Euro für ein
34 herkömmliches LHF, ist das in seinen Augen wenig.
35 E2 erklärt, dass man dabei berücksichtigen muss, dass es sich hier um
36 Spezialanfertigungen handelt und es noch kein Serienfahrgestell für diesen Bereich gibt.
37 Er geht davon aus, wenn es jemals Serienfahrgestelle geben wird, die auch für die
38 Feuerwehr geeignet sind (hier LHF), dass diese wahrscheinlich erheblich günstiger
39 werden. Laut E2 ist dies hier aber noch nicht der Fall.
40 E2 bemängelt ein Gewichts- und Platzproblem. Er erläutert, dass Akkus, die bei
41 Serienfahrgestellten verbaut werden, an Stellen verbaut werden, die die Feuerwehr für die
42 Beladung braucht. E2 vermutet, dass auch hier die Preise sinken werden, wenn die
43 Akkutechnik in Serie produziert wird.
44 E2 nennt als weiteren Kostenpunkt die Ladesäulen. Er erklärt, dass eine 23 kW Ladesäule
45 ca. 100 000 Euro kostet (eine pro Standort).
46 Er befürchtet, dass entsprechend hohe Kosten auf sie zukommen, wenn man davon
47 ausgeht, eine ganze Wache mit Elektrofahrzeugen auszustatten.
48 Laut E2 ist es einerlei, ob diese Fahrzeuge Brennstoffzellen haben oder auch nicht, denn
49 schließlich müssen sie alle geladen werden. Seiner Vermutung nach könnten bei
50 Brennstoffzellen eventuell 11 kW Ladesäulen ausreichen.

51

52

53 **Frage 2 Benutzerfreundlichkeit**

54

55 E2 erklärt, dass ein positives Fahrgefühl und eine angenehme Geräuschkulisse bei den
56 Elektroeinsatzfahrzeugen festgestellt wurden. Detaillierte Ergebnisse stehen noch nach
57 längerer Testung der E-RTW aus.

58 E2 versichert, dass E-Fahrzeuge erhebliche Verbesserungen und Vorteile gegenüber
59 Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor mit sich bringen. Er gibt ebenfalls an, dass
60 E-Fahrzeuge deutlich leiser und ruhiger sind.

61 Zur Motivation der Mitarbeiter und der Höhe der Arbeitsmoral kann er keine Angaben
62 machen.

63 E2 ist der Ansicht, dass Elektrofahrzeuge diverse Vorteile bieten, wie z. B. einen
64 verbesserten Fahrkomfort. Seiner Meinung nach bedeutet das andererseits ebenfalls,
65 dass ein E-Fahrzeug in diesem Bereich möglicherweise auch Nachteile hat. Was
66 beispielsweise die Klimatisierung betrifft, könne noch nicht abgeschätzt werden, denn
67 obwohl alles eingebaut sei, würde es sich erst in einem kalten Winter oder einem heißen
68 Sommer zeigen, ob alles richtig funktioniert.

69 Seine Berufsfeuerwehr plant Testphasen mit E-RTW über 2 Jahre.

70 E2 spricht an, dass E-Fahrzeuge einige Neueinrichtungen voraussetzen. Zum einen
71 benennt er die Lademöglichkeiten auf der Wache, zum anderen sollten seiner Meinung
72 nach aber auch die Krankenhäuser damit ausgestattet werden, um während der
73 Patientenübergabe zwischenladen zu können. E2 sieht es allerdings als ein Problem an,
74 erst das Ladegerät herausholen und die Ladesäule freischalten zu müssen und erläutert,
75 dass dies bei unkritischen Patienten vor der Übergabe und bei kritischen Patienten
76 während bzw. nach der Übergabe durchgeführt werden kann. In einem vierwöchigen
77 Testlauf wurde diese Möglichkeit jedoch wenig genutzt.

78 Er betont erneut, dass das Zwischenladen bei einem kritischen Patienten nicht vertretbar
79 sei, denn man müsse sich überlegen, das Fahrzeug erneut zu verlassen oder ein
80 Zwischenladen zu unterlassen. Er ergänzt, dass sich im Test zeigen wird, wie die
81 Mitarbeiter dies umsetzen.

82 E2 erwähnt, dass das Ladegerät auf der Wache eingesteckt und beim Einsatz
83 herausgezogen werden muss. Er sagt, dass dies anders als bei den herkömmlichen RTW
84 abläuft. Die medizinischen Geräte der konventionellen RTW werden laut E2 auf der Wache
85 geladen und der Stecker wird bei diesen Fahrzeugen automatisch ausgeworfen, sobald
86 man losfährt. Das sei bei den E-RTW nicht möglich, es sei aufwendiger, betont E2.

87

88

89 **Frage 3 Auswirkungen auf die Patienten**

90

91 E2 versichert, dass der verbesserte Fahrkomfort viele Vorteile für die Patienten hat.

92 Das physische und psychische Wohlbefinden Patienten wurde verbessert. Es konnte
93 beobachtet werden, dass die Patienten bei den Transporten mit den E-RTW laut E2

94 weniger Schmerzen, Übelkeit und Stress hatten, als bei Transporten mit den
95 herkömmlichen RTW.

96

97

98 **Frage 4 Ladeinfrastruktur**

99

100 Auf die Frage nach der Ladeinfrastruktur antwortet E2, dass in diesem Bereich noch viel
101 verbessert werden müsse.

102 Er kritisiert, es sei sehr teuer und bereite viel Arbeit, sodass es sich gerade bei einer
103 großen Berufsfeuerwehr mit vielen Rettungs- und Feuerwachen sowie verschiedenen
104 Standorten um eine enorme Herausforderung handelt.

105 Er betont jedoch, dass sie aber auch Zeit haben und es noch nicht von heute auf morgen
106 fertig sein muss. In Zukunft sollen erst einmal zwei E-RTW an 6 Standorten getestet
107 werden und zwei ELHF an 4 weiteren Standorten.

108 E2 gibt an, dass sich der Strombedarf der Wachen stark erhöhen wird. Man müsse
109 schauen, ob die elektrischen Leitungen auf den Wachen dafür ausgelegt sind. Das betreffe
110 vor allem die Anschlüsse. Hier gilt es herauszufinden, ob genügend davon vorliegen und
111 welche Eigenschaften diese haben. Außerdem müsse man sich die Hausanschlüsse
112 anschauen, ob das alles möglich sei und was noch getan werden müsse.

113 Bezüglich eines Blackouts müsse man sich laut E2 definitiv Gedanken machen. Man
114 müsse sich fragen, ob die Ladesäulen mit Netzersatzanlagen auszustatten seien, ob dies
115 möglich sei, ob die vorhandenen ausreichen würden oder ob es in eine ganz andere
116 Richtung gehe.

117 Er nennt beispielhaft die Polizei. Nach Angaben von E2 plant die Polizei für einen ihrer
118 Standorte, dort nicht jede Ladesäule an eine Netzersatzanlage anzuschließen, sondern
119 dafür 300 kW Schnellladesäulen zu nutzen, welche einen Streifenwagen (PKW) innerhalb
120 von 15 Minuten voll aufladen soll. Im Falle eines Blackouts fahren die Einsatzfahrzeuge an
121 diese Schnellladesäule. Hierbei müsse nach Aussage von E2 geschaut werden, wie viele
122 Ladesäulen man für wie viele Fahrzeuge benötigt. E2 erwähnt, dass dies mit immensen
123 Kosten verbunden sei, denn eine Schnellladesäule kostet ca. 250 000 Euro.

124 Auf die Frage, ob sich E-Einsatzfahrzeuge auch für Großschadenslagen eignen, führt er

125 aus, dass man hier schauen muss, wie lange und wofür das E-Fahrzeug gebunden ist, ob
126 man das Fahrzeug rechtzeitig aus dem Einsatz herausziehen kann oder ob man für
127 Kraftstoff bzw. Strom zum Aufladen an der Einsatzstelle sorgen muss. Er spricht an, dass
128 es für rettungsdienstliche Fahrzeuge weniger problematisch ist, weil diese in der Regel
129 kürzer verweilen und etwas abseitsstehen. Sie kommen meistens später an (Ausnahme
130 sind reine Rettungsdienstlagen) und sind schneller wieder unterwegs, weil diese die
131 Patienten ins Krankenhaus bringen müssen. Sie können laut E2 somit schnell ersetzt
132 werden.

133 E2 betont, dass es bei Löschfahrzeugen anders aussieht. Er nennt beispielhaft ein
134 Großfeuer. Die ersten beiden Löschzüge, die dort eintreffen, stehen in der Regel weit
135 vorne und werden zumeist mehrere Stunden den Einsatzort nicht verlassen können. Sie
136 müssen nach Angaben von E2 so lange an der Einsatzstelle verbleiben, bis der Einsatz
137 abgeschlossen ist. Für solche Fälle schließt E2 rein elektrisch betriebene Fahrzeuge aus,
138 denn es ergäbe in seinen Augen keinen Sinn, große Stromerzeuger an den Einsatzort zu
139 bringen, da man folglich sehr viele Kabel verlegen müsste.

140 Er vertritt die Meinung, dass E-Fahrzeuge mit Range Extender an dieser Stelle sinnvoll
141 wären, da müsse. Bei einer Brennstoffzelle als Range Extender demgegenüber, so führt
142 er fort, ist die Beschaffung von Wasserstoff problematisch, denn bei einem Großbrand ist
143 es nicht realisierbar, einen Wasserstofftanker an die Einsatzstelle zu fahren. In solchen
144 Fällen könnte E2 sich vorstellen, mit speziellen Wasserstoff-Kassetten, in denen der
145 Wasserstoff gebunden ist, zu arbeiten. Da müsse laut E2 noch viel geforscht und
146 Erfahrung gesammelt werden. Man müsse schauen, wie die Probleme aussehen und in
147 welche Richtung man sich bewege.

148 E2 spricht das Thema „E-Fuel“ an und fragt sich, ob die Einführung von E-Fuel einen Beitrag
149 zur Problemlösung leisten könnte. Im Augenblick sieht es seiner Ansicht nach jedoch nicht
150 danach aus, denn die Beschaffung von E-Fuel gestaltet sich schwierig und auch dafür
151 benötige man Wasserstoff und Tankstellen laut E2. Er vertritt die Meinung, dass sich
152 Wasserstoff gegenüber E-Fuel durchsetzen wird.

153 Generell müsse man schauen, wie sich das Ganze entwickelt. Nach Angaben von E2 gibt
154 es bisher noch keine Industrie, die im großen Stil Wasserstoff oder E-Fuel herstellt.

155 Er hebt hervor, dass die Herstellung von Wasserstoff sehr viel Energie benötige und es

156 außer Frage stehe, dass es effizienter sei, den Strom direkt zu nutzen als damit erst einmal
157 Wasserstoff herzustellen. Zudem sei es nach E2 schwierig, den in Norddeutschland
158 regenerativ gewonnenen Strom nach Süddeutschland zu transportieren. Es sei sehr
159 aufwendig und aufgrund der Leitungseigenschaften nur im begrenzten Maße realisierbar.
160 Der Einschätzung von E2 nach, ist der Transport von Wasserstoff deutlich einfacher,
161 ähnlich dem von Öl oder Diesel. Ein weiterer Aspekt sei die fehlende Möglichkeit in
162 Norddeutschland so viel regenerativen Strom zu produzieren wie wirklich benötigt wird.
163 Zudem sei die Nutzung von Solar- und Windenergie nicht immer beständig und auch nicht
164 in diesem Maße. Er bemängelt, dass der gewonnene Strom durch erneuerbare Energien
165 (Solar, Wind etc.) sehr viel Platz benötige und nur einen kleinen Teil der
166 Gesamtstromerzeugung ausmache. Nach Angaben von E2 fehlen die Flächen für die
167 erweiterte Nutzung und man müsse viel Strom aus dem Ausland kaufen.

168

169

170 **Frage 5 Umsetzbarkeit**

171

172 Auf die Frage nach dem Verhalten von Akkus bei Kälte antwortet E2, dass bis dato noch
173 keine Erfahrungen diesbezüglich vorliegen. E2 versichert, dass nach Herstellerangaben
174 bei E-LHF und E-RTW Kälte nur geringe Auswirkungen auf die Akkus habe.

175 Bezüglich der Brandschutzkonzepte der E-Fahrzeuge erläutert E2, dass seines Wissens
176 kein vermehrtes Brennen der E-Autos bekannt ist. Wenn ein Akku brennt, hat man
177 allerdings laut E2 bekanntermaßen ein Problem.

178 E2 spricht von einer Technologie, die entwickelt wird, bei der Akkus bald gar nicht mehr
179 brennen können.

180

181 Im Hinblick auf die angestrebte Klimaneutralität hält er eine Hybridlösung auf dem Land
182 tendenziell nicht für sinnvoll. Auch als Zwischenlösung hält er dies für ungeeignet und
183 bringt vor, dass man entweder bei rein elektrischen Akkufahrzeugen (inklusive
184 Brennstoffzelle) oder bei konventionellen Fahrzeugen bleiben sollte.

185 Die Brennstoffzelle dient in seinen Augen als Range Extender. Beim Pilotprojekt E-LHF in
186 Berlin sei dies der Dieselmotor.

187 Nach Angaben von E2 arbeitet die Firma Rosenbauer bereits daran, diesen Dieselmotor
188 als Range Extender durch eine Brennstoffzelle mit Wasserstoff zu ersetzen.

189

190 Ob die Elektromobilität auf dem Land eine größere Herausforderung als in der Stadt
191 darstellt, hängt seiner Meinung nach entscheidend vom Aufbau einer Ladeinfrastruktur
192 ab. Seine Erfahrungen mit 23 kW RTW haben gezeigt, dass die zur Verfügung stehende
193 Reichweite von 300 km in Einsätzen nie erreicht wurde. Daher betrachtet es E2 nicht als
194 ein Problem, einen Einsatz abzuarbeiten, den E-RTW auf die Wache zurückzufahren und
195 dort aufzuladen. Mit einer 50 kW-Schnellladesäule sind laut E2 die Akkus im Schnitt in den
196 einsatzfreien Intervallen wieder aufgeladen.

197 Auch die Einsatzfrequenz ist der Auffassung von E2 nach von großer Bedeutung.

198 Die Stadt ist gemäß E2 von einer höheren Einsatzfrequenz geprägt. Die Fahrzeuge
199 kommen nicht mehr so schnell an ihren Standort zum Laden, dafür hat man auf dem Land
200 größere Distanzen zu überbrücken. Er glaubt, dass sich dies ausgleichen würde, was aber
201 erst nach umfangreichen Tests bestätigt werden kann.

202 Auch in Bezug auf Temperaturen und deren Auswirkungen auf E-Fahrzeuge müsse man
203 nach Einschätzung von E2 noch umfangreich testen.

204 E2 vertritt die Meinung, dass die Hersteller alles schönreden, man aber seine eigenen
205 Erfahrungen machen müsse.

206

207

208 **Frage 6 Ausblick**

209

210 E2 betont, dass wir erst am Anfang der E-Mobilität seien. Er ist der Ansicht, dass sie sich
211 in verschiedenen Facetten durchsetzen wird. Mittel- bis langfristig ist er der Meinung, dass
212 sich E-Fahrzeuge mit reinem Akkuantrieb nicht durchsetzen werden und dies nur eine
213 Übergangstechnologie sei. Er sieht langfristig Potential in der Brennstoffzelle und dem
214 Energieträger Wasserstoff. Er betont, dass dies nicht in allen Bereichen Sinn ergäbe und
215 beispielsweise rein elektrische Kleinfahrzeuge für die Stadt im privaten Bereich eine gute
216 Möglichkeit sein könnten. Für Fahrzeuge, die eine längere Strecke zurücklegen müssen,
217 hat der Akkubetrieb in seinen Augen keine Zukunft, was seiner Ansicht nach an der

218 geringen Reichweite liegt. Selbst wenn sie sich verdoppeln würde, reiche dies nicht aus.
219 Er ergänzt, die Möglichkeit über Schnellladesäulen sei zwar gegeben, jedoch müsse für
220 die Schnellladesäulen eine Infrastruktur geschaffen werden. Er bezweifelt, dass man so
221 etwas realisieren kann oder überhaupt realisieren möchte. Er spricht von Ladesäulen mit
222 250 – 300 kW, die entsprechende Anschlüsse benötigen.

223 Er betont, dass PKW immer noch 10-20 Minuten benötigen, um geladen zu werden. Dies
224 sieht E2 kritisch, bei dem Reiseverkehr beispielsweise. Wenn in diesem Zusammenhang
225 Tausende E-Fahrzeuge unterwegs sind, die alle geladen werden müssen, mit
226 10 - 15 Minuten an einer Ladestelle, sei dies für eine Person nicht problematisch, für die
227 zehnte Person in der Warteschlange jedoch schon. Er weiß nicht, wie diese Entwicklung
228 aussehen wird oder ob es in eine ganz andere Richtung geht. E2 gibt an, dass es
229 momentan viele Anzeichen gibt, die darauf hindeuten, dass die Entwicklung in Richtung
230 Brennstoffzelle gehen wird. Er spricht hierbei die Signale aus der Politik, der Wirtschaft
231 und von Automobilherstellern an.

232 Ein Problem beim Thema Wasserstoff sieht E2 in der Infrastruktur der Wasserstoff-
233 Tankstellen. Seinen Angaben gemäß diffundiert Wasserstoff im gasförmigen oder
234 flüssigen Zustand durch fast alles hindurch. Hierbei erwähnt er Technologien, bei denen
235 der Wasserstoff in einem Gel oder Pulver gebunden ist. Nach seinen Informationen gibt
236 es bereits einen japanischen Autohersteller, der diese Technologie in Form von
237 Wasserstoff-Kassetten nutzt. Mit Wasserstoff geladen, werden diese Kassetten einfach ins
238 Auto geschoben. Damit die Kassetten in alle Fahrzeuge passen, müssen diese genormt
239 und vereinheitlicht werden, was E2 als problematisch ansieht. Demgegenüber hält E2 eine
240 Reichweite von knapp 2000 km für möglich.

241

242

243 **Schluss**

244

245 **Ergänzungen:**

246

247 Abschließend hebt E2 hervor, dass es bei Organisationen wie einer großen
248 Berufsfeuerwehr wichtig sei, sich Gedanken zu machen, wie man die Pflege und Wartung

249 der Fahrzeuge realisiert. E2 erwartet hier zusätzliche Kosten, einerseits, weil die
250 Mitarbeiter entsprechende Schulungen benötigen, um an E-Fahrzeugen zu arbeiten, und
251 andererseits, da hierfür entsprechende Arbeitsplätze vorhanden sein müssen. Besonders
252 anspruchsvoll wird es in den Augen von E2, wenn zusätzlich Wasserstoff ins Spiel kommt.

1 Anhang 3 Experteninterview Nr. 3 (E3)

2

3

4 Dauer: ca. 30 Minuten am 19.09.2022

5

6

7 Nach der Begrüßung und einer kurzen Danksagung seitens des Interviewers erfolgte
8 dessen Vorstellung. Im Anschluss wurde die aktuelle Situation zur E-Mobilität in
9 Deutschland und speziell im Rettungsdienst vorgestellt sowie die Forschungsfrage näher
10 erläutert. Dem Experten (E3) wurden Informationen zum Interview gegeben. Dies
11 beinhaltete die sechs Schlüsselfragen mit Rückfragen, die Dauer von geplanten
12 30 Minuten und die Aufklärung über die Wahrung der Anonymität. Es wurde das
13 Einverständnis bezüglich der Tonaufzeichnung mittels Diktiergeräts eingeholt.

14

15

16 **Einstiegsfrage**

17

18 E3 ist technischer Sachbearbeiter einer Berufsfeuerwehr im Norden Deutschlands mit
19 langjähriger Berufserfahrung im Bereich Rettungsdienst und E-Mobilität.

20

21

22 **Schlüsselfragen**

23

24 **Frage 1 Wirtschaftlichkeit**

25

26 Der Berufsfeuerwehr von E3 wurde ein E-RTW für einen mehr-wöchigen Testbetrieb
27 kostenlos zur Verfügung gestellt. Dies beinhaltete zudem die benötigte Ladeinfrastruktur
28 mit Wallboxen an Wachen und Krankenhäusern.

29 Nach Angaben von E3 wird aktuell versucht, Fördergelder in Anspruch zu nehmen, um
30 selbst E-RTW anzuschaffen.

31 Im Falle einer Förderung durch das Bundesministerium für Wirtschaft würden laut E3

32 Mehrkosten bis zu 80 % übernommen.

33 Nach Angaben von E3 zeigen erste Preisangebote, dass sich die Anschaffungskosten
34 vollelektrischer RTW auf das Doppelte belaufen, im Vergleich zu RTW auf Verbrenner-
35 Basis. Geringere Wartungskosten und geringerer Verschleiß sind allerdings noch nicht mit
36 einbezogen.

37

38

39 **Frage 2 Benutzerfreundlichkeit**

40

41 Zur Benutzerfreundlichkeit gaben die Mitarbeiter von E3 positive Rückmeldungen, denn
42 das Fahrgefühl war deutlich besser als bei einem herkömmlichen RTW. Dank der
43 Anordnung der Akkublöcke, die zu einem sehr niedrigen Schwerpunkt führt, lag der E-RTW
44 ihren Angaben zufolge deutlich ruhiger auf der Straße und das Kurvenfahren war
45 einfacher. Eine Beschleunigung bis 120 km/h erfolgt dabei sanft und ohne Schaltpausen.
46 E3 hebt die angenehme Geräuschkulisse hervor. Sowohl im Fahrgastraum als auch im
47 Patientenraum ist eine Unterhaltung in Zimmerlautstärke möglich und Patienten nehmen
48 ein Anfahren häufig nicht wahr. Auf dem Weg ins Krankenhaus (ohne Sonderrechte) war
49 es möglich am Patienten manuell Blutdruck zu messen und über das Stethoskop
50 Pulsgeräusche wahrzunehmen.

51 Hinsichtlich der Arbeitsmoral gab es E3 zufolge sehr unterschiedliche Rückmeldungen.
52 Einige Mitarbeiter lehnten die neue Technik grundsätzlich ab, während andere sogar die
53 Bereitschaft zeigten, Schichten zu tauschen, um auf dem Fahrzeug arbeiten zu können.
54 Die Mehrheit der Mitarbeiter zeigte sich offen und aufgeschlossen gegenüber dem E-RTW.
55 Es wurde ein RTW in Reserve gehalten, um die Besorgnis vor einem Ausfallen des E-RTWs
56 zu verringern. Dabei stellte sich nach einiger Zeit heraus, dass dieser Reserve-RTW
57 überflüssig war und auch für den restlichen Testzeitraum nicht in Anspruch genommen
58 werden musste.

59 E3 bemerkte, dass sich anfängliche Fragen wie „kann man durch Pfützen fahren?“, „wie
60 dicht sind die Batteriepakete?“, „bekommt man einen Stromschlag?“ und „brennt das
61 Auto?“ schnell erübrigten.

62 Generell konnte E3 eine hohe Akzeptanz bei den Mitarbeitern verzeichnen.

63

64

Frage 3 Auswirkungen auf die Patienten

66

67 E3 versichert, dass der E-RTW der Firma WAS das Patientenwohlbefinden fördert.

68 Die deutlich geringere Geräuschkulisse führt zur Stressreduktion, selbst bei Fahrten mit

69 Sondersignal. E3 unterstreicht diesen großen Vorteil, der dafür sorgt, dass insbesondere

70 bei „Mutter und Kind“-Fahrten das Kind ruhiger ist und die Fahrt viel angenehmer verläuft.

71

72

Frage 4 Ladeinfrastruktur

74

75 Nach den Schilderungen von E3 wurde auf der Wache des E-RTWs ein 32 A-Anschluss
76 genutzt, an dem die Wallbox zum Aufladen installiert wurde.

77 Die Möglichkeit des Zwischenladens ergab sich laut E3 daraus, dass eins der beiden

78 zentralen Krankenhäuser im Wachrevier mit einer 22 kW Wallbox, das andere mit einer

79 11 kW Wallbox ausgestattet wurde.

80 Bei knapp 200 Einsätzen mit einer Batteriekapazität von 86 kWh waren die Mitarbeiter bei

81 53 % der Einätze mit einer Kapazität von über 90 % zurückgekommen, berichtet E3.

82 Lediglich zwei Einsätze wurden mit Kapazitäten zwischen 40 – 50 % abgeschlossen, was

83 seiner Meinung nach an unglücklichen Zufällen lag. Ein E-RTW wurde zur Fremdbesetzung

84 einer anderen Wache zugewiesen, musste dort zwei Einsätze hintereinander abarbeiten,

85 dann zur zentralen Desinfektionsstelle und abschließend zurück zur Wache fahren.

86 Dadurch sank die Ladekapazität in diesem Fall auf 46 %. Trotzdem waren diese Fahrzeuge

87 weiterhin einsatzbereit. Er erwähnt, dass der Notbetrieb des E-RTWs bei einer Kapazität

88 von 20 % eingeleitet wird. Daraufhin werden große Stromverbraucher abgeschaltet, wie

89 z. B. die Klimaanlage, um die Rückkehr zum Krankenhaus oder zur Wache gewährleisten

90 zu können.

91 Insgesamt nutzten die Mitarbeiter nur bei 15 Einsätzen die Möglichkeit des

92 Zwischenladens an den beiden Krankenhäusern. Dies geschah hauptsächlich, um es

93 lediglich auszuprobieren. E3 stellte fest, dass es technisch gesehen nicht notwendig

94 gewesen wäre, denn die Reichweite war stets zufriedenstellend. Ausschlaggebend dafür
95 war die Besonderheit des Standortes der Wache (Innenstadtbetrieb), denn die
96 Fortbewegung benötigt am meisten Energie, fügte E3 hinzu. Hier müssten, seinen
97 Angaben nach, zu jeder Zeit fünf Tonnen Gewicht von A nach B gebracht werden. Bei
98 kurzen Entfernungen im Stadtbetrieb reicht die Akkuladung immer aus. Ein kurzer
99 Anfahrtsweg zum Einsatzort, inklusive der Fahrt zum Krankenhaus und anschließender
100 Rückfahrt zur Wache führt in seinen Augen nur zu einem geringen Energieverbrauch.
101 Angesprochen auf die städtische Ladeinfrastruktur konstatierte E3, dass diese noch gar
102 nicht vorhanden sei.
103 Für den Ausbau der Ladeinfrastruktur setzt E3 voraus, dass seine Berufsfeuerwehr jede
104 Feuer- und Rettungswache mit einer Ladesäule ausstattet. Gleiches gilt für Ladesäulen an
105 Krankenhäusern, um die Möglichkeit eines Zwischenladens sicherzustellen, was für
106 Folgeeinsätze wichtig wäre.
107 In seinen Augen könnte es auch sinnvoll sein, städtische Ladesäulen nutzen zu können,
108 an denen das Fahrzeug auch zwischenladen kann. Dies sei momentan aber noch
109 nachrangig.
110 E3 sieht es als notwendig an, dass auf dem Land zumindest alle Krankenhäuser mit
111 Ladesäulen ausgestattet werden müssten.

112

113

114 **Frage 5 Umsetzbarkeit**

115

116 Die Umsetzbarkeit der E-Mobilität auf dem Land sieht E3 aufgrund längerer Anfahrtswege
117 kritisch.

118

119 Auf die Frage nach Brandschutzkonzepten für die E-Fahrzeuge antwortet E3, dass diese
120 für die E-RTW vorhanden sind. E3 erwähnt, dass der WAS-E-RTW mit einer neuen
121 Batteriegeneration ausgestattet ist. Der Vorteil dieser Lithium-Eisen-Phosphat-Batterien
122 besteht darin, dass sie sich nicht von selbst entzünden können, wenn die sie, z. B. durch
123 einen Aufprall oder Einstich beschädigt werden. Batterien, die Feuer fangen können, sind
124 alte Lithium-Ionen-Batterien (z. B. vorhanden in normalen E-Autos oder Handyakkus).

125 Aufgrund dessen hat die Berufsfeuerwehr von E3 keine besonderen
126 Brandschutzforderungen gestellt.

127 Die hohen Qualitätsansprüche können nach Expertenmeinung eingehalten werden.

128 Der WAS-E-RTW lässt sich auf der Wache mittels Klimakompressor auf dem Dach
129 vorheizen oder -kühlen. Während der Ladezeit im Stand wird der RTW mit 230 Volt
130 geladen, sodass im Einsatz und während der Fahrt nur für den Erhalt der Temperatur
131 gesorgt werden muss. Dadurch entsteht ein geringerer Energieaufwand für die
132 Fahrzeugbatterien.

133 E3 versichert, dass es keine großen Probleme gab.

134 Allerdings gab es kleinere Probleme im Fahrgastraum, denn bei Feuchtigkeit arbeitete die
135 Klimaanlage unzureichend. E3 führt dies eher auf ein Mercedes-Problem zurück, das mit
136 dem Fahrgestell zusammenhängt und weniger durch den Elektroantrieb bedingt wird.

137

138 Bezüglich des Akkuverhaltens bei Kälte erläutert E3, dass ein Laden bei
139 Zimmertemperaturen zwischen 15 und 20 Grad stattfand und somit Kälte keine
140 nachteiligen Auswirkungen auf den Ladeprozess haben konnte.

141 Wenn ein Akku mit 22 kW geladen wird, dann muss die Temperatur E3 zufolge
142 berücksichtigt werden, denn es ist ein großer Unterschied, ob man draußen bei minus 10
143 Grad an einer Ladestation steht und einen heruntergekühlten Akku auflädt oder der
144 Ladevorgang bei Zimmertemperatur abläuft.

145 E3 ist überzeugt, dass das Thema Kälte noch detaillierter untersucht werden muss.

146

147 In Bezug auf Großschadenslagen bzw. langen Standzeiten brachte E3 das Stichwort
148 „Katastrophenfestigkeit“ ins Gespräch. Die Berufsfeuerwehr von E3 wird nie den
149 kompletten Fahrzeugbestand auf E-Mobilität umstellen, da das Wiederaufladen in
150 solchen Fällen immer zu Schwierigkeiten führt. Daher muss grundsätzlich ein Teil der
151 Fahrzeuge mit anderen Antrieben (z. B. konventioneller Verbrenner oder Brennstoffzelle
152 mit Wasserstoff) ausgestattet sein, so E3.

153 Der Experte hebt hervor, dass Standzeiten bei Großschadenslagen nicht allein das
154 Problem seien. Die meiste Energie wird durch das Bewegen der Fahrzeuge benötigt,
155 wohingegen die verbaute LED-Technik so gut wie keinen Strom verbraucht, betont E3. Er

156 führt aus, dass auch mit eingeschaltetem Blaulicht und Warnblinker an der Einsatzstelle
157 sowie zusätzlicher Innenraum- und Umfeldbeleuchtung, nur sehr wenig Strom verbraucht
158 wird. Gleiches gilt für die Medizingeräte, die in der Regel schon vollgeladen mitgeführt
159 werden, und im Einsatz lediglich eine Ladeerhaltung stattfindet, die einen sehr geringen
160 Stromverbrauch aufweist. Er kann sich nicht vorstellen, dass alle Verbraucher innerhalb
161 von 12 Stunden sämtliche Akkus des Fahrzeuges vollständig entladen. Er betont jedoch
162 auch, dass diesbezüglich Erfahrungswerte fehlen. In seinen Augen lässt sich nur schwer
163 einschätzen, wie sich die Heizleistung auf den Ladezustand der Akkus auswirkt.

164 E3 hebt hervor, dass lange Einsatzwege die größte Herausforderung für die
165 Ladekapazitäten darstellen, die möglicherweise von den Fahrzeugen nicht bewältigt
166 werden können.

167

168

169 **Frage 6 Ausblick**

170

171 E3 hält einen rein batterieelektrischen E-RTW für den Überlandbetrieb eher für
172 ungeeignet. Seiner Meinung nach sollte man auf andere alternative
173 Antriebsmöglichkeiten wie beispielsweise Wasserstoff oder Hybrid zurückgreifen. Für den
174 städtischen Betrieb hingegen ist der E-RTW in seinen Augen eindeutig tauglich. Nach
175 seinen Angaben gab es in der Testphase weder Mängel noch Probleme mit der Kapazität.
176 Wenn E3 in die Zukunft blickt, schätzt er die Entwicklung so ein, dass sich der
177 Elektroantrieb durchsetzen wird, unabhängig davon, woher der E-RTW seinen Strom
178 bezieht – ob durch Brennstoffzelle, Batterie oder Wasserstoff über Brennstoffzelle etc.

179 Der Grund für seine Einschätzung liegt in der großen Gewichtseinsparung, denn seinen
180 Angaben zufolge hat ein Elektromotor nur insgesamt 30 – 35 % der Bauteile im Vergleich
181 zu einem Verbrennungsmotor.

182 Ein weiterer Aspekt ist laut E3 der zuverlässige und nahezu wartungsfreie Betrieb der
183 Elektromotoren, die ohne Getriebe auskommen.

184 Woher der Elektroantrieb seinen Strom bezieht – ob beispielsweise induktiv, während der
185 Fahrt, oder aus einem großen Batteriepaket, wird sich zeigen. Die Technik entwickelt sich
186 schnell weiter im Hinblick auf Kapazitäten und auf Rohstoffe, die dafür genutzt werden.

187 Auch auf dem Land sieht E3 durchaus Perspektiven für den Elektroantrieb.
188 Bei Kleinfahrzeugen mit batterieelektrischen Antrieben werden aktuell schon
189 vergleichbare Reichweiten erzielt. So haben, nach Angaben von E3, Firmen wie Tesla und
190 Mercedes bereits E-Fahrzeuge mit akzeptablen Reichweiten von ca. 1000 km auf den
191 Markt gebracht.
192 Der WAS-E-RTW-Prototyp ist etwa 3 Jahre alt und verfügt über eine Reichweite von bis zu
193 250 km, die gemäß E3 für den innerstädtischen Gebrauch völlig ausreichend ist. Es muss
194 jedoch beobachtet werden, wie sich die Ladetechnik weiterentwickelt und ob sie sich auf
195 dem Land etablieren kann. Dort stellen aktuell noch die langen Ladezeiten ein Problem
196 dar. Wenn es Ladesäulen mit 300 – 350 kW gäbe, dann könnte das Schnellladen von 87
197 kWh Batterien zur Problemlösung beitragen.
198 Er betont abschließend, dass mit fortschreitender Technik die Reichweiten länger und die
199 Kosten niedriger werden könnten.

200

201

202 **Schluss**

203

204 **Ergänzungen:**

205

206 Keine Ergänzungen.

Anhang 4 Leitfaden für die Experteninterviews

Forschungsfrage:

Inwieweit lassen sich batterieelektrisch betriebene Fahrzeuge in den deutschen Rettungsdienstalltag implementieren und inwiefern unterscheiden sich die Beurteilungen beim innerstädtischen und beim ländlichen Rettungsdienst?

Einstieg

- Begrüßung und kurze Danksagung
- Informationen zum Interviewer
- aktuelle Situation:

Die Elektromobilität in Deutschland ist auf dem Vormarsch. Steigende Tankpreise, eine angestrebte Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen, sowie das Ziel der Klimaneutralität Deutschlands bis 2045 beschleunigen diesen Prozess. Darüber hinaus machen technische Verbesserungen der Elektroautos und zunehmende Effizienzsteigerungen eine Umstellung auf E-Mobilität immer realistischer.

Nun stellt sich die Frage, ob sich die E-Mobilität auch in den Regelrettungsdienst implementieren lässt. Der bisherige Treibstoff Diesel ist praktisch, da sich das Fahrzeug innerhalb von Minuten betanken lässt und eine große Reichweite erzielt werden kann. Wie sieht es bei Fahrzeugen aus, die elektrisch betrieben werden? Hier könnten lange Ladezeiten und ein nicht flächendeckendes Netz an Ladesäulen problematisch sein. Auch geringe Reichweite und hohe Anschaffungskosten führen zu einer kontroversen Diskussion über E-Mobilität in Deutschland.

Notwendige ökologische Bestrebungen zum Klimaschutz erfordern entschiedenes Handeln.

Es gibt bereits erste Pilotprojekte von elektrisch betriebenen Einsatzfahrzeugen (E-KTW (Bindow), E-RTW (Ochtrup, Frankfurt). Hier konnten schon einige Ergebnisse erzielt werden.

Berliner Feuerwehr E-LHF (Hybrid-Fahrzeug mit Range Extender)

Der Rettungsdienst auf dem Land unterscheidet sich stark von dem in der Stadt. So steht auch die E-Mobilität in der Landrettung aufgrund der längeren Anfahrtszeiten und der geringeren Dichte der Rettungsmittel vor größeren Herausforderungen.

- Informationen zum Interviewablauf
- Informationen über die geplante Interviewdauer
- Datenschutzvereinbarung für Tonmitschnitt mittels Diktiergeräts

Einstiegsfragen:

- Was ist Ihre Berufsbezeichnung und was sind Ihre Aufgaben?
- Wie viel Berufserfahrung haben Sie schon sammeln dürfen?
- Was sind Ihre Erfahrungen mit E-Mobilität im RD (ggf. inkl. Hybrid)?

Schlüsselfragen:

Frage 1:

- Wie hoch sind die **Kosten**?

Rückfragen:

- Wie hoch sind die Anschaffungskosten? (Elektrofahrzeug, Wallbox, Ladesäulen KH)
- Wie hoch sind die Fördergelder?
- Wie groß ist die (Betriebs-) Kosteneinsparung (E-Motor effizienter als Dieselmotor, geringere Wartungskosten, weniger Verschleiß, fehlende Kupplung etc.)
- Ist ein weiterer Ausbau der Infrastruktur nötig oder geplant?
- Wie steht es um die generelle Wirtschaftlichkeit?

Frage 2:

- Wie sieht die **Benutzerfreundlichkeit** der Elektroeinsatzfahrzeuge für die Mitarbeiter aus?

Rückfragen:

- Wie ist das Fahrgefühl? Wie steht es um die Geräuschkulisse?
- Hat die E-Mobilität Ihrer Ansicht nach Einfluss auf die Motivation / Arbeitsmoral der Mitarbeiter (in Bezug auf das Klima und Fahrgefühl)?
- Bleibt der Einsatz- und Arbeitsablauf für die Besatzungen gleich?

Frage 3:

- Was gibt es für **Auswirkungen auf die Patienten**?

Rückfragen:

- Wird das physische und psychische Wohlbefinden der Patienten verbessert? (z. B. weniger Schmerzen, Übelkeit, Stress)

Frage 4:

- Wie gut ist die **Ladeinfrastruktur** in Deutschland auf dem Land und in der Stadt ausgebaut? (bzw. in den Gebieten der Pilotprojekte)

Rückfragen:

- Besteht die Möglichkeit des Ladens auf der Wache?
- Besteht die Möglichkeit des Ladens in den KHs?
- Ist dies leicht umzusetzen?
- Wie weit darf die Entfernung RW und KH mit Lademöglichkeit sein?

Frage 5:

- Wie ist Ihre Einschätzung zur generellen **Umsetzbarkeit** mit den Unterschieden zwischen Stadt- und Landrettung?

Rückfragen:

- Können die hohen Qualitätsansprüche (Heizung im Winter, Klimaanlage im Sommer, Motorweiterlaufschaltung, Ausfall, Gewicht & daraus resultierend reduzierte Ausrüstung) bestehen bleiben?
- Was sind die häufigsten Kritikpunkte? (Brandgefahr Akku, Abbau Nickel/Kobalt für Batterie, Reichweite)
- Halten Sie eine Hybridlösung auf dem Land für sinnvoll?
- Wie steht es um die weitere Technik (Verhalten von Akkumulatoren bei Kälte und die daraus folgenden Konsequenzen, Innovation, CO₂-Einsparung bzw. Vorgaben zur CO₂-Reduktion als Treiber für die Elektromobilität)?
- Wie sieht es mit den Brandschutzkonzepten der E-Autos aus?
- Was passiert bei einem MANV bzw. Großschadenslagen mit E-Einsatzfahrzeugen?

- Wie sieht es mit Folgeeinsätzen aus? (Häufigkeit)
- Was passiert bei langen Standzeiten am Einsatzort?
- Was passiert bei länger anhaltendem Stromausfall?
- Was haben die langen Anfahrtswege auf dem Land für einen Einfluss auf die Elektromobilität im RD? (und wie lange sind die Einsatzfahrten?)

Frage 6:

- Wie sieht, Ihrer persönlichen Meinung nach, der **Ausblick** auf die nächsten 10-20 Jahre aus?

Rückfragen:

- Was ist Ihre persönliche Meinung zur E-Mobilität im RD? (Vor- und Nachteile abwägen der Experten)

Schluss:

- Ergänzungen?
- Abschließend erneute Danksagung