

Abschlussbericht

Verbundvorhaben „eJIT – JIT-Logistiksystem auf elektr mobiler Basis“



Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Zuwendungsempfänger:	Förderkennzeichen:
IAV GmbH Berlin	01 ME 15003B
Titel des Teilvorhabens:	
eJIT – JIT-Logistiksystem auf elektr mobiler Basis	
Projektleiter des Teilvorhabens:	Tel.: +49 371 237 34259
Sven Hoenicke	Email: sven.hoenicke@iav.de
Laufzeit des Vorhabens:	
von: 01.01.2016	bis: 30.06.2019
	 Sven Hoenicke
	 Mirko Taubenreuther
Berichtszeitraum:	Datum:
von: 01.01.2016	12.12.2019
bis: 30.06.2019	

Inhalt

Abbildungen	3
Tabellen	3
Abkürzungen	3
1. Projektmotivation.....	4
2. Aufgabenstellung und Ziele.....	4
2.1. Ausgangssituation 2016	4
2.2. Projektziele	5
3. Projektplanung	6
4. Partner und Zusammenarbeit	8
5. Projektvorgehen	10
6. Projektergebnisse.....	16
7. Verwertung und Folgeprojekte	21

Abbildungen

Tabellen

Abkürzungen

1. Projektmotivation

Der Automobilbau als integraler Bestandteil der deutschen Wirtschaftskultur und des Wirtschaftssystems, ist von enormer wirtschaftlicher Bedeutung für Deutschland hinsichtlich Beschäftigung, Export, Investition sowie Forschung und Entwicklung und besitzt eine weltweite Strahlkraft.

Die Wertschöpfungskette des Automobilbaus ist durch eine ausdifferenzierte Arbeitsteilung unter den Zulieferern gekennzeichnet, auf welche ca. 70 % der Wertschöpfung entfallen. Der hohe Grad an Vernetzung und Komplexität ermöglicht zum einen eine wirtschaftliche Wertschöpfung, stellt aber auch besondere Anforderungen an die Transportlogistik.

Die Transportlogistik ist wirtschaftlichen Zwängen unterworfen. Güter müssen effektiv und effizient transportiert werden. Erschwert wird dies durch meist großvolumigen Güterumfänge. Hinzu kommen immer höhere gesellschaftliche und umweltpolitische Ansprüche, den Transport so nachhaltig wie möglich zu gestalten, um lokale Emissionen von Abgasen, CO₂ und vor allem Lärm zu reduzieren.

Die deutschen Automobilproduktionsstandorte haben sich schrittweise zu urbanen Industriezentren entwickelt, welche hohe Anforderungen an eine wirtschaftliche und nachhaltige Logistik stellen.

Mit dem Projekt „eJIT – JIT-Logistiksystem auf elektromobiler Basis“ sollte ein Beitrag zur Gestaltung zukünftiger Logistiksysteme geleistet werden.

2. Aufgabenstellung und Ziele

2.1. Ausgangssituation 2016

Als Transportmittel in der Automobilindustrie wurden traditionell LKW und Sattelzugmaschinen mit Dieselmotoren eingesetzt. Hier setzte das Projekt eJIT an. Die Kombination zweier moderner Technologien – dem elektrischen Antriebsstrang und automatisierter Fahrsysteme – konnte eine theoretische Antwort auf die wachsenden Anforderungen an die Transportlogistik bieten:

- Umweltfreundlichkeit und Nachhaltigkeit durch Elektromobilität
- Kosteneffizienz durch hochautonomes Fahren

E-Mobilität und automatisiertes Fahren wurden als die wichtigsten Treiber für zukünftige Wertschöpfung in der Automobilindustrie genannt. Die deutsche Automobilindustrie könnte durch die Gestaltung ihrer Logistik- und Transportprozesse auf Basis automatisierter elektrischer Nutzfahrzeuge zum Innovationstreiber werden.

Die Potenziale dieser Technologien hinsichtlich der ökologischen Nachhaltigkeit der Automobilproduktion wurden erkannt. Es bestanden jedoch große Wissenslücken und Erfahrungsdefizite, wie ein Transportsystem unter Einsatz von vollelektrischen Sattelzügen konkret gestaltet werden soll, wie es funktioniert und welche Veränderungen strukturiert, gemanagt und beherrscht werden müssen.

Zum Zeitpunkt des Projektbeginns waren elektrische LKW bzw. Sattelzugmaschinen am Markt nicht verfügbar. Die Hersteller von Nutzfahrzeugen befanden und befinden sich erst in den

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Entwicklungsprozessen für LKW mit elektrischen Antrieben. Verschiedene Prototypen und Technologieträger waren bekannt, jedoch nur unzureichend verfügbar.

Weitere Hemmnisse für den Einsatz elektrischer Nutzfahrzeuge waren beispielsweise fehlende Erfahrungen und Erkenntnisse im Umgang mit der Technik, deren Wechselwirkungen und Einflüssen auf die Logistikkriterien. Vor allem die so wichtigen Faktoren Verfügbarkeit und Ausfallsicherheit konnten nicht bewertet werden. Auch die Kosteneffizienz und mithin die Ausgestaltung entsprechender e-Logistikkonzepte auf Basis elektrisch betriebener Fahrzeuge und die Bewertung hinreichender Geschäftsmodelle waren Grauzonen. Die Beurteilung notwendiger Datenverarbeitungs- und Datenübertragungsprozesse und deren Bedeutung im B2B waren wesentliche Lücken auf dem Entwicklungspfad und gleichzeitig Barrieren für die Entwicklung umsetzbarer Geschäftsmodelle. Dadurch standen erhebliche nicht bewertbare Risiken einem gewerblichen Einsatz von Elektrofahrzeugen entgegen.

2.2. Projektziele

Mit dem anvisierten Verbundprojekt verfolgt IAV das Ziel, durch die Entwicklung, den Aufbau und die Erprobung von zwei elektrischen Nutzfahrzeugen inklusive Automatisierung, IKT-Anbindung und Ladeschnittstelle eine Vorreiterrolle bei der Elektrifizierung von urbanem und regionalem Logistikbetrieb (JIT/JIS-Verkehr) einzunehmen.

Leistungsziele:

L1: Fahrzeug- und Automatisierungskonzept ist erstellt.

L2: Fahrzeug ist aufgebaut.

L3: Automatisierungslösung ist konfiguriert.

L4: Pilotierung wurde begleitet und ausgewertet.

Terminziele:

T1: Projektstart zum 4.1.2016

T2: Abschluss der Analysephase zum 30.6.2016

T3: Abschluss der Konzeptionsphase zum 31.3.2017

T4: Projektabschluss zum 31.12.2018

Kostenziele:

K1: Personalbudget wurde eingehalten.

K2: Sachmittelbudget wurde eingehalten.

K3: Budget für Fremdleistungen wurde eingehalten.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

3. Projektplanung

Dem Projekt liegt ein Schichtmodell zugrunde, welches die Interaktions- bzw. Abstraktionsebenen aufzeigt. Als oberste Schicht ist das Verkehrssystem zu betrachten, welches Logistiksysteme integriert. Logistiksysteme wiederum integrieren Transportsysteme als Teilsysteme.

Transportsysteme integrieren Fahrzeuge als Transportmittel. Jeder Verbundpartner betrachtet eine Schicht und grenzt sich an den Systemgrenzen ab. Das Teilprojekt „Entwicklung, Aufbau und Erprobung von zwei elektrischen Nutzfahrzeugen inkl. Automatisierung, IKT Anbindung und Ladeschnittstelle“ ordnet sich in die 1. Integrationsebene „Fahrzeug“ des Gesamtvorhabens ein.

Zur Projektrealisierung wurde dem Projekt ein dreistufiges Phasenmodell (Analysephase, Konzeptionierungsphase, Validierungsphase) zu Grunde gelegt.

In der **Analysephase** wurden nach Beurteilung der Ausgangssituation die entsprechenden Auslegungen und Dimensionierungen der zum Einsatz kommenden Systeme vorgenommen. Dies beinhaltet Simulation und Berechnungen für die Triebstrang- und Speicherauslegung, Voruntersuchungen zur Architektur der Datenschnittstellen, Anforderungen an Ladeinfrastruktur (aus der Leistungsermittlung der Fahrzeugdimensionierung und Logistikanforderungen an Zyklus und Einsatzdauer), systemische Anforderungen an Funktion, Architektur sowie auch Umfeld und Infrastruktur für hochautomatisiertes Fahren. In der **Konzeptionierungsphase** wurden die Fahrzeuge aufgebaut und in Betrieb genommen. Da entsprechende Systemlösungen am Markt fehlen, ist es notwendig aus teilweise vorhandenen Basistechnologien zu adaptieren. Zudem war eine Herausforderung die datentechnische Anbindung von Sensorik, Aktorik und Integration von Steuerungen, sowie die entsprechenden Funktionalitäten zu entwickeln und praxistauglich zu gestalten. Mit dem Startschuss zum Testbetrieb beginnt die **Validierungsphase**. Hier wurde der Testbetrieb in Zwickau und Leipzig begleitet. Währenddessen wurden Wartungen bzw. Sicherheitskontrollen der Systeme durchgeführt. Durch eine laufende Datenaufnahme konnte parallel zum Testbetrieb bereits eine Auswertung stattfinden.

Der Arbeitsplan wurde mit konkreten Arbeitspaketen und Meilensteinen untersetzt.

Geplante Arbeitspakete:

AP Nr.	AP-Bezeichnung	Dauer in Monaten	Aufwand in PM
1.1	Simulation/ Auslegung Triebstrang	6	5,33
1.2	Integrationskonzept	5	5,5
1.3	Analyse HAF Anforderungen	3	3,5
2.1	Systementwicklung emobiler LKW	7	7
2.2	Entwicklung Automatisierungs-Algorithmus	9	9
2.3	Optimierung/ Applikation im Feld	9	9
2.4	Anbindung Schnittstellen Telematik	8	1,5
3.1	Entwicklung Modifikationsumfänge	4	8
3.2	Teilebeschaffung	3	0,75
3.3	Aufbau HAF	7	7
3.4	Aufbau E-Fahrzeug	10	20,5
4.1	Inbetriebnahme System	13	6
4.2	Inbetriebnahme Ladetechnik	1	0,25
4.4	Abnahme	11	2

Gefördert durch:
 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

AP Nr.	AP-Bezeichnung	Dauer in Monaten	Aufwand in PM
4.5	Einweisung Personal	3	0,5
5.1	Applikation Zwickau	23	4,9
5.2	Applikation Leipzig	23	4,9
5.3	Wartung/ Sicherheitskontrolle	22	2,2
6.1	Auswertung	16	4

Geplante Meilensteine:

Nr.	MS	Ergebnisse	Abbruchkriterium	Termin
MS0	Projekt ist gestartet	<ul style="list-style-type: none"> Kick-Off durchgeführt 	-	01.01.2016
MS0.1	Konzepterstellung	<ul style="list-style-type: none"> Fahrzeugkonzept inkl. Schnittstellen liegt vor 	<ul style="list-style-type: none"> Kein realisierbares Konzept gefunden (unwahrscheinlich) 	31.03.2016
MS1	Analysephase ist abgeschlossen	<ul style="list-style-type: none"> Entscheidung über Pilotierungsbereich Entscheidung über Ladestation 	<ul style="list-style-type: none"> kein geeigneter Teileumfang (unwahrscheinlich) Ladestation kann nicht errichtet werden (unwahrscheinlich) 	30.06.2016
MS1.1	Teilebereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> Systemkomponenten werden rechtzeitig verfügbar sein 	<ul style="list-style-type: none"> Nichtverfügbarkeit von (Teil-)Komponenten (Technik, im Zeitplan) 	30.06.2016
MS1.2	1. Demonstrator	<ul style="list-style-type: none"> Aufbau des 1. Demonstrators fertig 	<ul style="list-style-type: none"> 	31.12.2016
MS1.3	Ladeinfrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> Ladeinfrastruktur ist bereit gestellt und wurde in Betrieb genommen 	<ul style="list-style-type: none"> Ladeinfrastruktur wird nicht rechtzeitig bereitgestellt 	31.01.2017
MS2	Voraussetzungen für Pilotierung sind geschaffen	<ul style="list-style-type: none"> Organisatorische, technische und administrative Voraussetzungen sind geschaffen Entscheidung zur technischen Realisierung Entscheidung über Beginn Pilotierung 	<ul style="list-style-type: none"> Widerstand in der Geschäftsleitung (unwahrscheinlich) Ladetechnik nicht funktionstüchtig (unwahrscheinlich) Örtliche Prozesse und Umgebungsrandbedingungen beeinträchtigen dauerhaften Einsatz (Infrastruktur, behördliche Genehmigungen) 	31.03.2017
MS2.1	Praxistest	<ul style="list-style-type: none"> Praxistest wird gestartet 	<ul style="list-style-type: none"> Fahrzeuge werden nicht rechtzeitig fertig 	31.03.2017
MS2.2	Konfiguration HAF	<ul style="list-style-type: none"> HAF Grundfunktionen sind passiv implementiert 	<ul style="list-style-type: none"> Funktionen werden nicht rechtzeitig fertig 	31.07.2017

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Nr.	MS	Ergebnisse	Abbruchkriterium	Termin
MS2.3	Inbetriebnahme HAF	<ul style="list-style-type: none"> HAF Funktionen werden aktiv implementiert 	<ul style="list-style-type: none"> Zuverlässigkeit der Funktionen unzureichend 	31.01.2018
MS3	Zwischenergebnis der Pilotierung liegt vor	<ul style="list-style-type: none"> Überprüfung des Piloten anhand der definierten Kennzahlen ist erfolgt 	<ul style="list-style-type: none"> Liefertreue und Leistungsfähigkeit nicht gegeben (theoretisch möglich) Robustheit des Automatisierungssystems nicht einsatztauglich (Umfeldvarianzen) 	30.03.2018
MS3.1	Funktionsnachweis SYSTEM	<ul style="list-style-type: none"> 	<ul style="list-style-type: none"> 	31.05.2018
MS3.2	Abschluß Erprobungsbetrieb	<ul style="list-style-type: none"> Erprobung ist beendet 	<ul style="list-style-type: none"> Es fehlen wichtige Erprobungsergebnisse 	30.09.2018
MS3.3	Projektabschluss	<ul style="list-style-type: none"> Praxistests sind beendet Auswertung / Dokumentation wird finalisiert 	<ul style="list-style-type: none"> 	30.11.2018
MS4	Projekt ist beendet	<ul style="list-style-type: none"> Feldtests in Leipzig und Zwickau wurden durchgeführt und ausgewertet Abschlussbericht ist erstellt Projektteam ist aufgelöst 	<ul style="list-style-type: none"> Feldtests gescheitert (unwahrscheinlich) 	31.12.2018

4. Partner und Zusammenarbeit

Das Verbundvorhaben eJIT wurde von den Kooperationspartnern RKW Sachsen Rationalisierungs- und Innovationszentrum e.V., Volkswagen Sachsen GmbH, IAV GmbH und Sachsentrans Spedition und Logistik GmbH sowie der Porsche Leipzig GmbH als assoziierter Partner durchgeführt. Die Zusammenarbeit wurde in einem Kooperationsvertrag geregelt. Der Kooperationsvertrag wurde im April 2016 von allen Partnern unterzeichnet.

Die Zusammenarbeit der Projektpartner manifestierte sich in regelmäßigen Projektleitertreffen über die gesamte Projektlaufzeit hinweg.

- 12.2.2016 Kick-off Meeting bei RKW Sachsen in Dresden
- 11.3.2016 Projektleitermeeting bei Porsche in Leipzig
- 15.4.2016 Projektleitermeeting bei IAV in Stollberg
- 27.5.2016 Projektleitermeeting bei Schnellecke in Zwickau
- 12.8.2016 Projektleitermeeting bei VW in Zwickau
- 13.10.2016 Projektleitermeeting bei Porsche in Leipzig

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

- 21.10.2016 Projektvorstandsmeeting bei VW in Zwickau
- 13.1.2017 Projektleitermeeting bei RKW Sachsen in Dresden
- 31.3.2017 Projektleitermeeting bei IAV in Stollberg
- 12.5.2017 Projektleitermeeting bei Porsche in Leipzig
- 15.8.2017 Projektleitermeeting bei Schnellecke in Zwickau
- 22.9.2017 Projektleitermeeting bei RKW Sachsen in Zwickau
- 12.12.2017 Projektleitermeeting bei Volkswagen in Zwickau
- 26.01.2018 Projektleitermeeting bei RKW Sachsen in Dresden
- 13.04.2018 Projektleitermeeting bei IAV in Stollberg
- 26.06.2018 Projektleitermeeting bei AMZ in Chemnitz
- 03.08.2018 Projektleitermeeting bei Porsche in Leipzig
- 15.08.2018 Projektvorstandsmeeting bei Porsche in Leipzig
- 1.2.2019 Projektleitermeeting bei AMZ in Chemnitz
- 15.3.2019 Projektleitermeeting bei Schnellecke in Zwickau
- 5.4.2019 Projektvorstandsmeeting bei Porsche in Leipzig

Die Projektleitermeetings fanden bei allen Partnern statt und wurden protokolliert.

Darüber hinaus wurde die Einbindung des Projektes eJIT in die Gesamtorganisation des Förderschwerpunktes IKT III wahrgenommen. An folgenden Events nahmen Vertreter des Projektes eJIT teil.

- 20./21.04.2016 Auftaktveranstaltung IKT EM III
- 20.06.2016 Lenkungskreis IKT EM III
- 07./08.11.2016 Vernetzungskonferenz
- 08.03.2017 3. Sitzung des Lenkungskreises (LK)
- 27.06.2017 Innovationstraum Elektromobilität
- 19.10.2017 4. Sitzung des Lenkungskreises (LK)
- 05.12.2018 6. Sitzung des Lenkungskreises (LK)
- Div. Fachgruppen im IKT EM III

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

5. Projektvorgehen

Die konkrete Projektarbeit wurde innerhalb der Arbeitspakete realisiert und an den Meilensteinen überprüft.

MS 0: Projektstart

Das Projekt startete planmäßig am 4.1.2016.

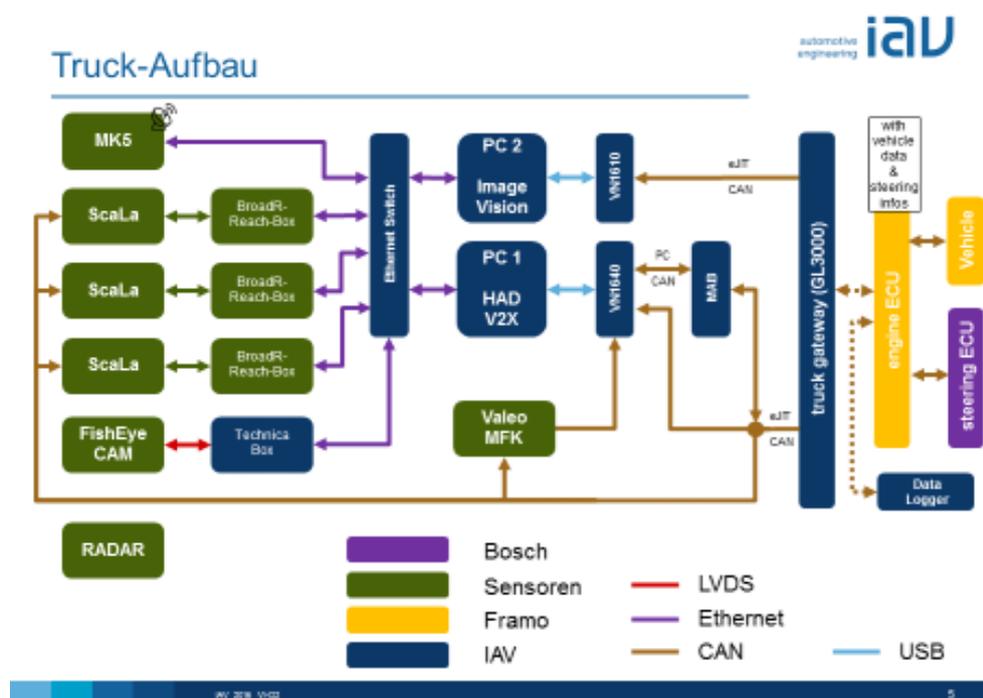
AP 1.1: Simulation/ Auslegung Triebstrang

Das AP 1.1 wurde wie geplant im Zeitraum 01/2016 – 06/2016 bearbeitet.

Im Arbeitspaket wurde unter Beachtung aller spezifischen Anforderungen für Lasten und Zyklen im JIT Verkehr die Konzeptionierung eines einsatzfähigen elektrischen LKW durchgeführt. Die Konzeptauslegung wurde simulativ geprüft und konnte die gesetzten Anforderungen erfüllen. Des Weiteren wurden erweiterte technische Anforderungen an den e-LKW definiert und in die Gesamtsimulation integriert.

AP 1.2: Integrationskonzept

Das Integrationskonzept für die eMaschine, der Batterie und der Nebentriebe wurde von der Firma FRAMO GmbH erstellt. Das Konzept ist dort bekannt und als marktreifes Produkt- und Umrüstungskit erhältlich. Das Integrationskonzept der Komponenten für das hochautomatisierte Fahren wurde mittels einer Sensorarchitektur definiert:



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

AP 1.3: Analyse HAF-Anforderungen

Das AP 1.3 wurde im Zeitraum 3/2016 – 6/2016 bearbeitet.

Hierfür wurden zunächst die relevanten Streckenführungen von Schnellecke Logistik zu Volkswagen Sachsen und von dem Außenlager zu Porsche Leipzig analysiert. Unter Betrachtung von bekannten Sensorkonzepten, Umfeldanalysen, Wegstreckenplanungen und der Limitierung der Trajektorienplanung konnten die einzelnen Herausforderungen erkannt werden und mit diesen das System- und Sensorkonzept definiert werden. Des Weiteren wurden Anforderungen an das Umfeld, wie die Rampensensorik oder an den öffentlichen Raum, definiert.





Streckenanalyse - Leipzig

Identifikation kritischer Stellen (Segment)

- (3), (9) – Rückwärts Rangieren an Laderampe mit genauer Positionierung
- (5) – Kurvenfahrt mit Überstreichen der Gegenspur
- (6) – Enge Kreuzung mit tw. Überstreichen der Gegenspur
- (7) – Erkennung freier Einfahrtsmöglichkeit in Kreisverkehr
- (8) – Links abbiegen in Gegenverkehr und Erkennung von freier Lücke
- (10) – Freierkennung beim Ausfahren aus Werksgelände

AV 1/2016
3

MS 1: Analysephase ist abgeschlossen

Der Meilenstein 1 wurde mit einer zeitlichen Verzögerung von 4 Monaten im Oktober 2016 erreicht. Die Zeitüberschreitung war unkritisch, da alle notwendigen Ergebnisse zum Start der Konzeptphase bereits im Mai vorlagen.

AP 2.1: Systementwicklung mobiler LKW

Innerhalb des AP 2.1 wurde sich für das Szenario 2 – „Erweiterung eines bestehenden eLKW“ entschieden. Hierfür wurden entsprechende Schnittstellen in Richtung CCS Ladetechnik definiert. Auf Basis unterschiedlicher Ladestrategien wie dem Rampenladen in ca. 10 Minuten pro Fahrt in Zwickau Mosel und dem Schichtladen von ca. 45 Minuten laden im Porsche Werk Leipzig, wurde eine

entsprechende Batteriegröße ermittelt. Des Weiteren wurde die Lenkung und Gateways für die Automatisierung und ein Fahrtenschreiber/ Datenlogger spezifiziert.

AP 2.2: Entwicklung Automatisierungs-Algorithmik

Für die Umsetzung des Automatisierungs-Algorithmus wurde die existierende SW-Architektur um neu zu schaffende Module erweitert. Diese wurde erstellt, getestet und dokumentiert. In anschließenden Tests konnten Schwachstellen in der Lokalisierung festgestellt werden. Um diese zu vermeiden wurde das System um ein verbessertes GPS System der Firma ANavS und einer Multifunktionskamera von Bosch erweitert. Mit Hilfe dieser Anpassungen konnte ein besseres Ergebnis hinsichtlich der Lokalisierung erreicht werden.

AP 2.3: Optimierung/ Applikation im Feld

Aufgrund von diversen Projektverzögerungen durch technische Schwierigkeiten innerhalb der Batterietechnik der Firma FRAMO und sicherheitskritische Umsetzungsfehler innerhalb des Schnittstellen Gateways (HAF-ECU) der Firma CuroCon konnte keine Inbetriebnahme der HAF-Technik im Feld erfolgen und wurde damit abgekündigt. Eine spätere Umsetzung wird nach Projektende angestrebt.

AP 2.4: Anbindung Schnittstellen Telematik

Im ersten Schritt wurden alle nötigen Fahrzeugsysteminformationen zusammengetragen und daraus resultierenden Schnittstellen für die Datenaufzeichnung und das HAF-System definiert. Für eine vereinfachte Übertragung und Auswertung der Messdaten wurde ein weiterer Datenlogger eingebaut, welcher selbstständig eine Aufzeichnung der Fahrzeug- und HAF-Schnittstellen mit Start des Fahrzeuges durchführt. Diese Daten werden anschließend auf einen IAV Server übertragen und ermöglichen eine schnelle und einfache Auswertung.

MS 2: Voraussetzungen für Pilotierung sind geschaffen

Der Meilenstein MS 2 wurde erst im Dezember 2017 erreicht. Damit hatte das Projekt bereits einen Verzug von 9 Monaten. Zu begründen ist der beträchtliche Zeitverzug mit den erheblichen technischen Problemen beim Aufbau der beiden elektrischen Sattelzugmaschinen durch den Dienstleister FRAMO und der Lieferschwierigkeiten bei der Ladetechnik. Da zum Zeitpunkt Dezember 2017 die Voraussetzungen für die Pilotierung mit viel Engagement und Kraftanstrengung aller Beteiligten geschaffen wurden, wurde das Projekt fortgesetzt und nicht abgebrochen.

AP 3.1: Entwicklung Modifikationsumfänge

Das Package und die Auslegung wurde durch die Firma FRAMO GmbH durchgeführt. Die Funktionsschnittstellen zwischen HAF Sensorik für Lenkung, Bremse und Antrieb wurden definiert und durch die Firma CuroCon GmbH, Mutterfirma der FRAMO GmbH für Softwareanliegen, durchgeführt.

AP 3.2: Teilebeschaffung

Die Aufgabe von diesem Arbeitspaket war die Beschaffung aller notwendigen Teile. Der Großteil aller benötigten Teile wurden innerhalb des Bearbeitungszeitraumes beschafft. Offene Kleinteile (Kabel, Verbinder, Adapter usw.) mussten im Laufe der Integration hinzubestellt werden.

AP 3.3: Aufbau HAF

Der Einbau der HAF-Technik konnte nach der Integration der elektrischen Lenkung durch BOSCH erfolgen. Hierfür wurde zunächst der Innenraum der Zugmaschine demontiert. Anschließend konnte das Integrationskonzept validiert und darauf folgend die Rechnerarchitektur und das Sensorikkonzept integriert werden. Der Abschluss des Arbeitspaketes erfolgte in der KW37 / 2018 mit dem Einbau der HAF-ECU der Firma CuroCon. Dieses Steuergerät ermöglicht die Ansteuerung der longitudinalen Schnittstelle von FRAMO und der lateralen Schnittstelle der BOSCH Lenkung.

AP 3.4: Aufbau E-Fahrzeug

Der Umbau der Zugmaschinen erfolgte bei der FRAMO GmbH.

Der erste nicht fahrfähige LKW wurde auf der Hannover Messe ausgestellt. Der erste fahrfähige LKW wurde zur Pressekonferenz präsentiert und ging im Anschluss zum Umbau der Lenkung zu Firma BOSCH. Darauf folgend startete der Einbau der HAF Komponenten bei IAV. Die geplante Sensorik wurde entsprechend verbaut und anschließend konnte diese Zugmaschine in den Feldeinsatz im Porsche Werk Leipzig gehen.

LKW 2 wurde mit deutlicher Verzögerung durch die Firma FRAMO ausgeliefert. Es gab Probleme mit undichten Lithium – Ionen – Zellen, sodass sich der Aufbau der zweiten Batteriepacks deutlich verzögerte. Damit einhergehend haben sich die weiteren Lieferungen (auch anderer LKW – für andere Firmen) bei FRAMO verschoben, sodass seitens FRAMO der zweite LKW für das eJIT Projekt nach hinten priorisiert wurde. Die Auslieferung des zweiten LKW erfolgte in KW 41/2017.

Nach Bereitstellung des LKW und Kopplung mit dem Sattelaufleger wurde die erwartete Überlänge bestätigt. Dies betraf nur die Zugmaschine in Zwickau – Mosel. Testfahrten mit dem LKW konnten somit erst nach Vorliegen einer Ausnahmegenehmigung durchgeführt werden. Es wurde ein entsprechendes Gutachten erstellt und über die Zulassungsstelle eine Ausnahmegenehmigung beantragt. Diese wurde mit Wirkung vom 12.12.2017 bis 30.06.2019 erteilt.

Im Zuge der weiteren Erprobung des LKW in Zwickau wurde festgestellt, dass die notwendige Heizleistung (Kabinenheizung) nicht erreicht wurde. Es erfolgten mehrere Nacharbeiten durch den Hersteller, welche final erst im Juni 2018 abgestellt wurden.

Im Rahmen der Erprobung auf der Route Zwickau – Mosel wurde die aktive Kühlung der Batterie in mehreren Testfahrten bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen bewertet. Es wurde ersichtlich, dass selbst bei moderaten Außentemperaturen zwischen 7°C – 9°C die Zelltemperatur so weit überschritten wurde, dass ein Laden / Rekuperieren nicht mehr möglich war. Folglich musste eine aktive Kühlung für die Batterie durch die Firma FRAMO entwickelt, konstruiert und integriert werden.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Dieser Umbau dauerte bis Juli 2018 an. Ab diesem Zeitpunkt wurde der LKW Zug um Zug in den aktiven Betrieb übergeben. Hierbei wurden diverse weitere Probleme festgestellt, die u.a. auf das beidseitige Laden (Ladesteckdosen auf beiden Seiten des LKW) zurück zu führen waren.

Auch in diesem Fall erfolgte eine Überarbeitung am Fahrzeug. Das Fahrzeug konnte anschließend ab Oktober 2018 in den Einsatz gehen.



AP 4.1: Inbetriebnahme System

Aufgrund von diversen Verzögerungen in der Fertigstellung der Schnittstellenanbindung durch die Firma CuroCon konnte keine Zufriedenstellende Inbetriebnahme der Software für das hochautomatisierte Fahren auf dem Prüfgelände erfolgen. Bei anschließenden Tests wurden sicherheitskritische Fehler festgestellt. Daraufhin forderte IAV die umfänglichen Testergebnisse der Gateway-Software an. Eine Analyse von diesen hatte ergeben, dass die Firma CuroCon keine relevanten Tests durchgeführt hatte. IAV unterstützte die Nacharbeit bei CuroCon und erstellte hierfür einen Testkatalog, um eine Freigabe für die offene Straße bzw. dem Werksgelände zu erwirken. Eine Spezifikation des Testkatalogs, sowie die Durchführung der Test und die Fertigstellung der Gateway-Software konnte noch immer nicht von Seiten CuroCon fertiggestellt werden. Eine Inbetriebnahme der Software für das hochautomatisierte Fahren auf dem Prüfgelände konnte somit innerhalb des Projektzeitraumes nicht erfolgen.

AP 4.2: Inbetriebnahme Ladetechnik

Die Inbetriebnahme der Ladeschnittstelle ist jeweils für die Ladesäulen bei Volkswagen in Mosel, bzw. PORSCHE in Leipzig erfolgt. Das geplante beidseitige Laden (Ladedose links und rechts am LKW) funktioniert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

AP 4.4: Abnahme

Die Inbetriebnahme und Übergabe der Fahrzeuge erfolgte durch die Firma FRAMO GmbH. Hierbei gab es jedoch technische Schwierigkeiten. Die aktuell verbaute Batteriekühlung für die Traktionsbatterie, sowie das Konzept mit der „geschalteten“ Kühlung funktioniert noch immer nicht. Die abgeführte Wärmemenge aus der Batterie führt auf Grund der geringen Temperaturdifferenz nicht zu einem Kühleffekt. Die thermische Kontaktierung an den Zellen wurde überarbeitet und auf dem Batterieprüfstand bei IAV getestet. Dabei wurde festgestellt, dass die Batterietemperatur einen geringeren Gradienten aufweist. Dennoch bleibt die Kühlfunktion bei hohen Außentemperaturen ohne Wirkung. Dies führt zu Einschränkungen bei hohem Leistungsbedarf über längere Fahrzyklen sowie beim Schnellladen über einen längeren Zeitraum bis hin zum kompletten Leistungseinbruch des Fahrzeugs.

Im Rahmen des Projektes wurde FRAMO mehrfach Hilfe bzw. Unterstützung bei der Lösung des Problems angeboten – dies wurde nicht angenommen.

Wie in AP 4.1 schon beschrieben kann die Inbetriebnahme der Funktionalität für das hochautomatisierte Fahren erst nach erfolgreicher Inbetriebnahme der HAF-ECU erfolgen. Aufgrund der technischen Schwierigkeiten innerhalb der Batterieumsetzung von FRAMO und Fehler in der softwaretechnischen Umsetzung der HAF-ECU von CuroCon konnte diese nicht im Laufe des Projektzeitraumes durchgeführt werden.

AP 4.5: Einweisung Personal

Die Fahrer wurden entsprechend durch die Speditionen als elektrisch unterwiesene Person geschult. Am Fahrzeug erfolgte durch die IAV eine weitere Typeinweisung.

AP 5.1: Applikation Zwickau

Für Tests des elektrischen Antriebstranges und Kühlungsperformance beim Fahren und Laden wurden entsprechende Fahrversuche durchgeführt und analysiert. Auffälligkeiten wurden an die Firma FRAMO GmbH weitergeleitet. Anhand dieser Auffälligkeiten wurden neue Batteriemodule entwickelt, in den Zugmaschinen integriert und erprobt.

Aufgrund der Verzögerungen durch die technischen Schwierigkeiten in der Batterietechnik von FRAMO und der Umsetzung der Schnittstellenabsicherung bei CuroCon wurde eine Erprobung für das hochautomatisierte Fahren in Zwickau abgekündigt.

AP 5.2: Applikation Leipzig

Für Tests des elektrischen Antriebstranges und Kühlungsperformance beim Fahren und Laden wurden entsprechende Fahrversuche durchgeführt und analysiert. Auffälligkeiten wurden an die Firma FRAMO GmbH weitergeleitet. Anhand dieser Auffälligkeiten wurden neue Batteriemodule entwickelt, in den Zugmaschinen integriert und erprobt.

Aufgrund der Verzögerungen durch die technischen Schwierigkeiten in der Umsetzung der Schnittstellenabsicherung bei CuroCon konnte eine HAF Erprobung für Leipzig innerhalb des Projektzeitraumes nicht durchgeführt werden.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

AP 5.3: Wartung/ Sicherheitskontrolle

Das Arbeitspakete Wartung und Sicherheitskontrolle wurde laufend innerhalb des Projektzeitraumes bearbeitet.

6. Projektergebnisse

Im Folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse des Teilvorhabens „eJIT – JIT-Logistiksystem auf elektromobiler Basis“ dokumentiert.

1. Auslegung der Zugmaschinen

Zur Bewertung der Auslegung der Antriebsstrangkomponenten wurden sowohl verschiedene Testfahrten durchgeführt als auch die Fahrzeugdaten aufgezeichnet und ausgewertet.

a) Fahrleistung und Beschleunigungspotenzial bei maximaler Beladung

Die mechanische Leistung der beiden Elektromaschinen von über 320 kW ermöglichen es auch die anspruchsvollere Strecke zwischen Zwickau und Mosel mit verschiedenen Steigungen bei voller Beladung zurückzulegen.

b) Benötigter Energiebedarf pro Strecke zur Batteriedimensionierung

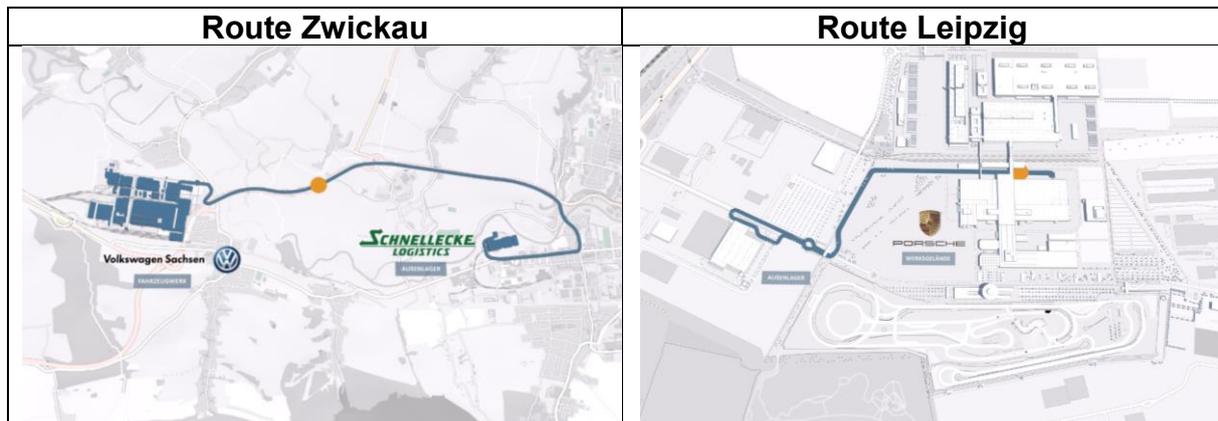
Der Energiebedarf von knapp 1.6 kWh pro Kilometer liegt leicht über den simulierten Werten aus der Konzeptphase. Somit wurde der Energieinhalt der Batterie aufgrund der geplanten hochfrequenten Taktung in der Just-in-Time Logistik entsprechend großzügig mit ca. 140 kWh ausgelegt. Da das Laden des eLKW aber sehr regelmäßig erfolgte, ist die Batterie überdimensioniert. Es werden etwa 15 kWh elektrische Energie für die längere Strecke zwischen Zwickau und Mosel benötigt.

c) Ladeleistung und Ladezeiten in Abhängigkeit vom benötigten Energieinhalt

Durch die Schnell-Ladestation wurden Ladeleistungen von bis zu 140 kWh bei niedrigeren Ladezuständen der Batterie bei einem SOC von bis zu maximal 60% erzielt. Aufgrund großer Spreizung einzelner Zellspannungen, der allgemeinen Temperatur- und SOC-Abhängigkeit des Batteriestroms lag die durchschnittliche Ladeleistung überwiegend im Bereich von 40 bis 70 kW. Da das Zellbalancing, der Ausgleich der Zellspannungen auf ein gemeinsames Spannungsniveau, lediglich nach dem abgeschlossenen Ladevorgang erfolgt, gab es dafür nur wenige Möglichkeiten im JIT-Betrieb. Das hatte maßgeblichen Einfluss auf die Ladeleistungen im Dauerlauf.

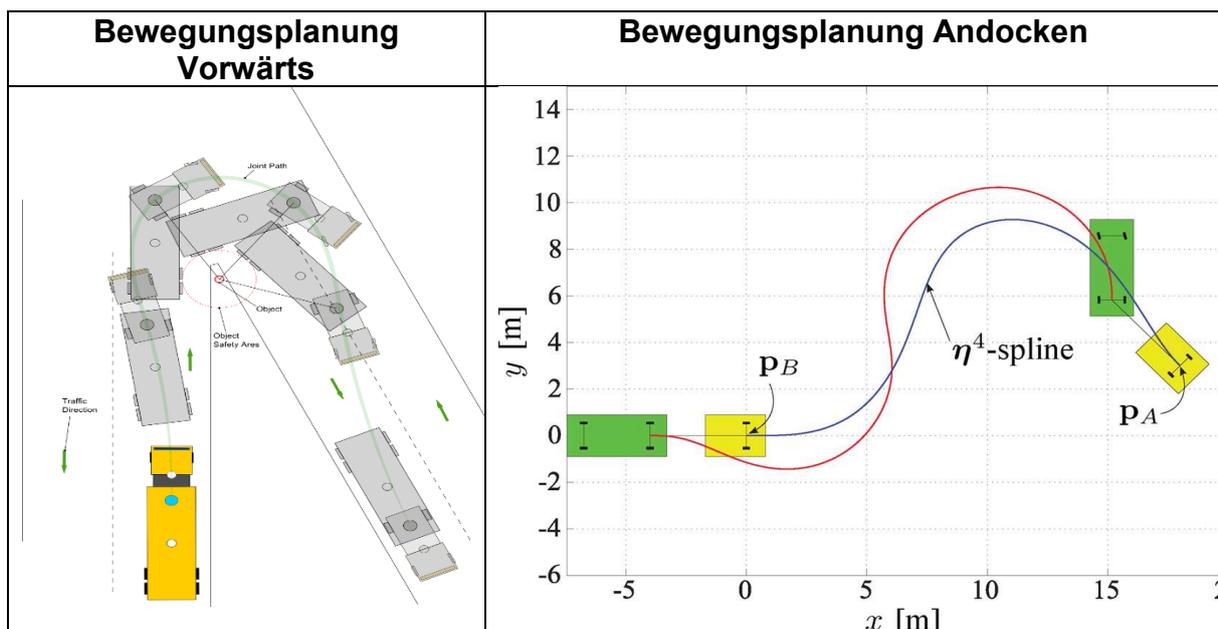
2. HAF Anforderungen

Innerhalb des Arbeitspaketes 1.3 wurden die Anforderungen an die Automatisierung der Zugmaschinen erarbeitet. Unter der Betrachtung von allen Einflussgrößen wie z.B. der Wegstreckenplanung konnten die Kriterien für eine erfolgreiche Umsetzung des hochautomatisierten Fahrens definiert werden. Hieraus resultierte das System- und Sensorkonzept, sowie die Definition der Software Architektur.



3. Automatisierungs-Algorithmus

Mittels der Ergebnisse aus dem Arbeitspaket 1.3 konnte innerhalb des Arbeitspaketes 2.2 der Algorithmus für das hochautomatisierte Fahren entwickelt werden. Hierbei konnten neue bzw. existierende Module gemäß den Anforderungen erstellt oder angepasst werden. Ein Großteil der Entwicklungsarbeit war in diesem Falle die Bewegungsplanung der Zugmaschine mit einem Anhänger in normaler Vorwärtsfahrt bzw. innerhalb des Andockvorganges und die Weiterentwicklung der Lokalisierung mittels Landmarkenerkennung.



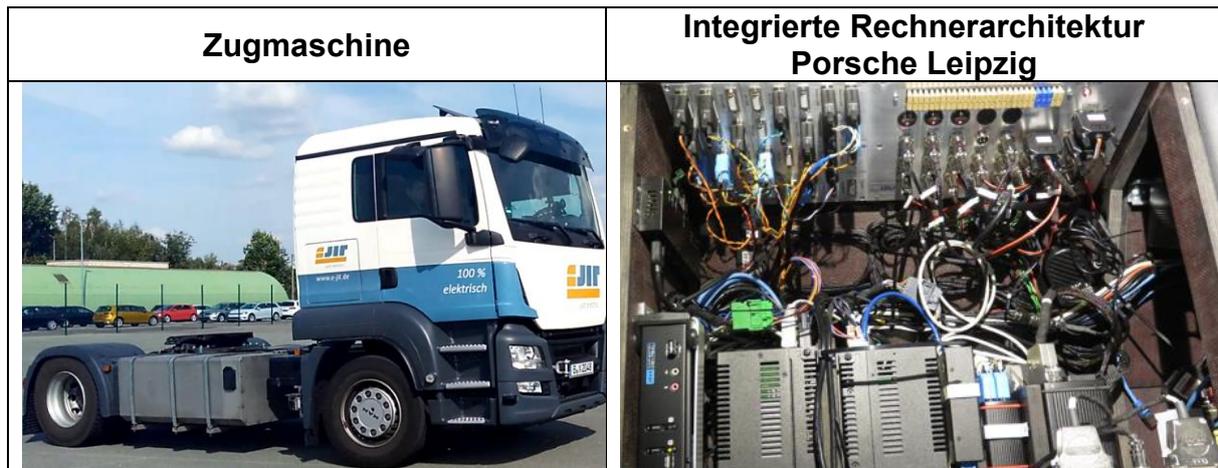
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

4. Umbau Zugmaschine

Im Ergebnis des Arbeitspaketes 3.4 liegen zwei umgebaute Zugmaschinen vor. In beiden LKW konnte der elektrische Antriebsstrang durch die Firma FRAMO GmbH mechanisch in das Fahrzeug integriert und freigegeben werden. Das Ergebnis aus dem Arbeitspaket 3.3 musste aufgrund der diversen Projektverzögerungen auf nur einen umgebauten LKW angepasst werden. Hierfür wurde die Zugmaschine, welche bei Porsche Leipzig im Einsatz war, mit der definierten Rechnerarchitektur und Sensorik ausgestattet. Als Ergebnis entstand hierbei ein konfektioniertes Fahrzeug für das hochautomatisierte Fahren.



5. Inbetriebnahme Zugmaschine & Ladetechnik

Das Ergebnis des Arbeitspaketes 4.1 beinhaltete eine erfolgreiche Inbetriebnahme des elektrischen Antriebsstranges, sowie die des Umbaus für das hochautomatisierte Fahren. Für eine systematische Inbetriebnahme wurde zuerst der Umbau des elektrischen Antriebsstranges fokussiert behandelt. Wie in der Durchführung des Arbeitspaketes 3.4 beschrieben, sind hierbei Probleme und Verzögerungen durch die Umsetzung der Elektrifizierung durch die Firma FRAMO GmbH aufgetreten. Nach der erfolgreichen Inbetriebnahme des elektrischen Antriebsstranges konnte die Inbetriebnahme des HAF Systems folgen. Hierbei wurde die Integration der Rechnerarchitektur und des Sensorkonzeptes erfolgreich abgeschlossen. Wie in der Durchführung des Arbeitspaketes 4.1 bereits beschrieben, konnte eine Inbetriebnahme der HAF-ECU nicht erfolgreich durchgeführt werden. Hierbei wurden sicherheitskritische Fehler innerhalb der Umsetzung durch die Firma CuroCon GmbH festgestellt. Eine Abnahme, wie es als Ergebnis in Arbeitspaket 4.4 beschrieben ist, konnte dementsprechend nur für die Elektrifizierung erfolgen.

Des Weiteren konnte die Inbetriebnahme der Ladetechnik erfolgreich bei Volkswagen Sachsen und Porsche Leipzig durchgeführt werden.

Gefördert durch:

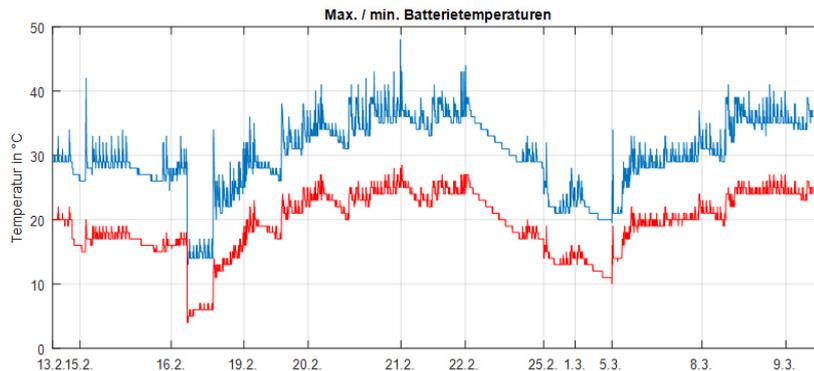


aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

6. Optimierung der Elektrifizierung

Anhand von Fahrversuche für den Test des elektrischen Antriebstrangs und der Kühlperformance wurden Auffälligkeiten analysiert und für die Verbesserung der Zugmaschine, der Firma FRAMO GmbH, verwendet werden.

Energieumsatz



Daten der Grafik stammen von Fahrten im Zeitraum vom 13. Februar bis 9. März 2018

- Batterietemperatur: 37°C (max) / 4°C (min)
- Temperaturspreizung in der Batterie: 22K (max) / 7K (min)

7. Öffentlichkeitsarbeit

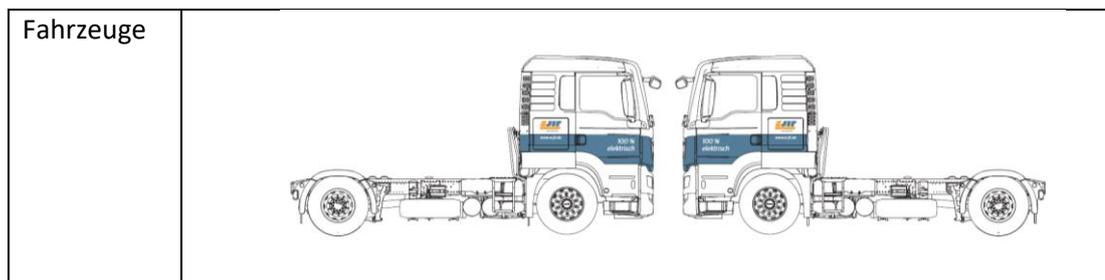
Als weiteres Ergebnis konnten folgende Instrumente der Öffentlichkeitsarbeit geschaffen werden:

1. Homepage

Aufgebaut und online gestellt wurde die Projekthomepage www.e-JIT.de. Während des Projektzeitraumes konnten **198.404** Seitenzugriffe gezählt werden.

2. Gestaltung der Technik

Sämtliche im Projekt angeschaffte und installierte Technik wurde unter Verwendung des Projekt CI gestaltet. Im Einzelnen sind zu nennen:



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Trailer	 <p>Maßstab: 1:20</p>
Ladesäulen	
Schaufeln	

3. Filme/Videos/Bilder

- eJIT – Erklärfilm Langfassung/Kurzfassung
- eJIT – Dokumentationsfilm Hannovermesse 2017
- eJIT – Pilotfahrzeug im Einsatz bei Volkswagen Sachsen
- eJIT – Pilotfahrzeug im Einsatz bei Porsche Leipzig
- Fotosammlung (auf der Homepage verfügbar)

4. Veranstaltungen/Messen/Events

- 25.10.2016 Internationaler Automobilkongress Zwickau
- 6.12.2016 Drive Connection Leipzig
- 24.-27.4.2017 Hannovermesse
- 21.5.2017 Pressekonferenz in Stollberg
- 29.5.2017 Innovationstraum E-Mobilität
- 25.9.2017 Unternehmerforum Automobile Logistik
- 8.11.2017 SAM Zwickau
- 9.4.2018 Future Mobility Summit in Berlin
- 28.4.2018 Oldtimertreffen in Werdau
- 16.6.2018 Lausitzkonferenz, Spremberg
- 20.-27.9.2018 IAA Nutzfahrzeuge

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

5. Publikationen

- „Studie zum aktuellen Stand der Technik im Bereich alternative Antriebe für (schwere) Nutzfahrzeuge, 4/2017
- Pressemitteilung zur PK, 6/2017
- IAV Zeitschrift „automotion“: „Europapremiere in Stollberg: 40-Tonner, vollelektrisch“ 2017
- „Auf dem Weg zur E-Mobilität“ in der Fachzeitschrift „Fernfahrer“ im 4/2018
- „Hochautomatisiertes Lkw-Fahren auf der Autobahn und in der Stadt“ in der „ATZ“ im 1/2018

6. Presse

- 7 Presseberichte in 2016
- 66 Presseberichte in 2017
- 2 Presseberichte in 2018

7. Verwertung und Folgeprojekte

1. Systementwicklung mobiler LKW

Ziel des Punktes „Systementwicklung mobiler LKW“ war die Entwicklung eines elektrifizierten Systems und dessen Komponenten für ein Nutzfahrzeug. Wissenschaftlich können hier die Messergebnisse aus dem realen zyklischen Betrieb der Batterie für die Anforderungsdefinition von zukünftigen Energiespeichern verwendet werden. Mit Hilfe der Umsetzung durch die FRAMO GmbH konnten beide Aspekte erfüllt werden. Zu Projektende wurden zwei elektrifizierte Zugmaschinen im JIT Verkehr verwendet und dessen Ergebnisse hatten Einfluss in weiteren Förderprojekte wie zum Beispiel „EMBATT“.

2. Entwicklung Automatisierungs-Algorithmus

Ziel der Entwicklung des Automatisierungs-Algorithmus war es eine aktive Beteiligung im Thema „hochautomatisierten Fahren“ bei Erstausrüster für Nutzkraftwagen und den Übertrag der Erkenntnisse in die PKW-Welt zu erreichen. Mittels des Vergleichs zwischen LKW und PKW konnte festgestellt werden, dass die Entwicklung der Bahnplanung mit einem Anhänger auch im PKW Bereich Ansatz finden kann. Teile der entwickelten Algorithmen können im PKW wieder Verwendung finden.

3. Optimierung/ Applikation im Feld

Innerhalb des Punktes „Optimierung/ Applikation im Feld“ sollte die Betrachtung von aktuellen JIT-Systemen im Fokus stehen. Hierbei sollten Ergebnisse genutzt werden, um Akquise bei Nutzfahrzeug-Herstellern zu optimieren. Dies konnte erfolgreich umgesetzt werden.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

4. Anbindung Schnittstellen Telematik

Die Umsetzung des Punktes 4 im Verwertungsplan setzt voraus, dass im Projekt ein Fahrerinformationssystem entwickelt worden wäre, welches Fahrdaten des E-LKW mit den Logistikdaten der Systeme von Volkswagen vergleicht, um situationsbedingt Empfehlungen für das Fahren vorschlagen zu können. Das Logistiksystem iTLS von Volkswagen war im Projekt vorhanden und gibt dem Fahrer die genauen Daten in Bezug auf Abfahr-, Ankunftszeit, Strecke und Mengen. Seitens des E-LKW wurden über IAV alle nötigen Fahrdaten, wie z.B. Batteriezustand, Temperaturen etc., mitgezeichnet. Das heißt, beide Quelldatensysteme lagen vor bzw. wurden im Projekt erarbeitet. Aufgrund der Verzögerungen innerhalb des Gesamtprojektes in den primär wichtigen Arbeitspaketen des E-Antriebes konnte aus den beiden Quelldatensystemen kein Fahrerinformationssystem entwickelt werden. Daher kann der Punkt des Verwertungsplanes aus dem Projekt selbst heraus nicht umgesetzt werden.

5. Applikation von autonomen NKW

Ziel der „Applikation von autonomen NKW“ war es Projekte zu generieren, welche sich mit der Applikation von autonomen Nutzfahrzeugen bei Spediteuren oder ähnlichem widmen. Da aktuell Szenarien basierte autonome System noch im Entwicklungsstadium sind bzw. deren Funktionalität stark eingeschränkt ist, ist eine intensive Applikation von dessen nötig. Hiermit ist eine potentielle Auftragslage innerhalb dieses Bereiches möglich und bereitet den Weg für weitere Akquisen.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel eJIT – JIT-Logistiksystem auf elektrmobiler Basis	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Hönicke Sven, Geissler Stefan	5. Abschlussdatum des Vorhabens 30.06.2019
	6. Veröffentlichungsdatum 12.12.2019
	7. Form der Publikation Bericht
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) IAV GmbH Carnotstraße 1 10587 Berlin	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 01 ME 15003B
	11. Seitenzahl 22
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 53107 Bonn	13. Literaturangaben
	14. Tabellen 6
	15. Abbildungen 11
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) Dr. Frank Otten, Chemnitz, 23.11.2019	
18. Kurzfassung Das Projekt eJIT wurde als Vorreiter-Projekt im Jahr 2016 begonnen. Die Idee, Sattelzugmaschinen zu elektrifizieren, wurde bereits 2014 entwickelt, zu einer Zeit in der das elektrische Fahren, wie es heute definiert wird, noch in den Kinderschuhen steckte. In der Projektlaufzeit wurden zwei elektrische Sattelzugmaschinen konfiguriert und aufgebaut sowie an den Standorten der Volkswagen Sachsen GmbH in Zwickau und der Porsche Leipzig GmbH in Leipzig pilotiert. Es wurden 150kW DC Schnelllader installiert und im Versuchsfeld Zwickau 8.036 km und im Versuchsfeld Leipzig 5.693 km elektrisch gefahren. Das Projekt konnte beweisen, dass die technische Realisierung im Bereich der JIT-Logistik machbar ist. Im Ergebnis des Projektes werden zukünftig elektrische Sattelzugmaschinen sowohl im Werk Zwickau bei Volkswagen Sachsen als auch bei Porsche in Leipzig eingesetzt werden. Des Weiteren konnten Anforderungen an die Automatisierung eine Zugmaschine erarbeitet werden. Dies erfolgte im Umfeld der automatisierten Fahrt zwischen dem Zuliefererlager und dem Andockvorgang an die Anlieferungsrampe des Fahrzeugherstellers.	
19. Schlagwörter Elektrische Sattelzugmaschine	
20. Verlag	21. Preis