



IKT als Wegbereiter für die Elektromobilität

Impulse aus dem BMWi-Projekt eE-Tour Allgäu –
effiziente Elektromobilität & Tourismus



Vorwort

Für die Bundesregierung hat Elektromobilität eine hohe strategische Bedeutung. Sie ist ein wichtiger Baustein für eine klimagerechte Energie- und Verkehrspolitik.

Die Umwelt zu schützen und zu erhalten, ist gerade für ökologisch sensible Tourismus-Regionen wie das Allgäu besonders wichtig. Das hat auch das Modellprojekt „eE-Tour Allgäu“ erkannt.

Das Forschungsvorhaben wurde 2009 als eines von fünf Gewinnern des Technologiewettbewerbs „IKT für Elektromobilität“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie für eine Förderung ausgewählt.

Diese Broschüre fasst die Ergebnisse aus mehr als zwei Jahren intensiver Forschung in der Modell-

region „eE-Tour Allgäu“ zusammen. Es werden Wege aufgezeigt, wie sich Elektromobilität mit Hilfe moderner Informations- und Kommunikationstechnik in den Alltag einer ländlichen Urlaubs-Region integrieren lässt.

Von den Erfahrungen können nun auch andere profitieren.

Ich hoffe, dass der Weg des Allgäus in eine saubere elektromobile Zukunft viele Nachahmer finden wird.



Stefan Kapferer, Staatssekretär

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)



1.

Einleitung Seite 6

- 1.1 Danksagungen Seite 6
- 1.2 Entstehung des Projektes Seite 6
- 1.3 Der Projektauftrag für eE-Tour Allgäu Seite 8
- 1.4 Projektpartner Seite 8
- 1.5 Awards und Preise Seite 10
- 1.6 Teilnahme an Messen und Kongressen Seite 10

2.

Allgäuer Überlandwerk GmbH Seite 13

- 2.1 Die AÜW E-Firmenflotte Seite 14
- 2.2 Ladesäulen und Ladeinfrastruktur Seite 15
- 2.3 IKT-System: Nutzung durch AÜW Seite 17
- 2.4 Erkenntnisse aus eE-Tour Allgäu Seite 19

3.

Hochschule für angewandte Wissenschaften Kempten Seite 21

- 3.1 Teilprojekte an der Hochschule Kempten Seite 22
- 3.2 Aufbau und Betrieb einer Flotte von Elektrofahrzeugen Seite 22
- 3.3 Energiemodell zur Verbrauchsbestimmung anhand des Kartenmaterials Seite 25
- 3.4 Alterung von Lithium-Ionen-Batterien Seite 29
- 3.5 Reichweitenberechnung und energieverbrauchs-optimiertes Routing Seite 32
- 3.6 Usability-Studie Car-PC-Software Seite 34
- 3.7 Elektromobilität im Allgäuer Tourismus Seite 38
- 3.8 Resümee aus Sicht der Hochschule Kempten Seite 41

4.

Soloplan GmbH Seite 45

- 4.1 IKT Systemüberblick Seite 46
- 4.2 Der Weg zur Kommunikationsinfrastruktur Seite 49

5.

Move About GmbH Seite 53

- 5.1 Kernaufgaben innerhalb des Projektes Seite 54
- 5.2 Wichtigste Ergebnisse Seite 56
- 5.3 Weiterer Forschungsbedarf Seite 58

6.

Eberhard Karls Universität Tübingen Seite 61

- 6.1 Arbeitsgruppe Geoinformatik: Räumliche Analysen Seite 62
- 6.2 Arbeitsgruppe Humangeographie: Nutzerbefragungen Seite 63

7.

Technische Universität München Seite 67

- 7.1 Forschungsgruppe Energieinformatik Seite 68
- 7.2 Aufgaben im Projekt Seite 68
- 7.3 Ergebnisse Seite 68
- 7.4 Ausblick Seite 70

8.	AL-KO Seite 73
	8.1 eE-Tour Allgäu und AL-KO Seite 74
	8.2 Das AMC-Chassis als ideale Basis für EPC..... Seite 74
	8.3 Das EPC..... Seite 74
	8.4 Umsetzung und Zukunftsaussichten Seite 75
9.	ABT Sportsline Seite 79
	9.1 Anbindung der Fahrzeughardware an die IKT Seite 80
	9.2 Ermittlung der benötigten Messwerte..... Seite 81
	9.3 Wartung und Reparatur der Elektrofahrzeugflotte..... Seite 82
	9.4 Aufbau des Technologieträgers E-Caddy Seite 82
	9.5 Entwicklung der situativen Motorsteuerung – SMS..... Seite 83
	9.6 Fazit Seite 84
10.	John Deere Seite 87
	10.1 Der Traktor als Mild-Hybrid-Fahrzeug..... Seite 88
	10.2 Der Traktor als flexible Energiezentrale Seite 88
	10.3 Die Umwelt und das Klima profitieren..... Seite 90
	10.4 Elektromobilität in der Landwirtschaft – eine wirtschaftliche Betrachtung Seite 90
11.	Energy4U GmbH Seite 93
	11.1 Vertragsverwaltung Seite 94
	11.2 Ladevorgänge..... Seite 94
	11.3 Roaming..... Seite 95
12.	Schlusswort Seite 96
	12.1 Wachstum durch Forschung..... Seite 96
	12.2 Die nächsten Schritte in die Zukunft..... Seite 96
13.	Beteiligte Seite 98
14.	Kontakt Seite 100
15.	Impressum Seite 102

1. Einleitung

Die vorliegende Veröffentlichung enthält einen Überblick über die vorläufigen Ergebnisse des Forschungsprojektes eE-Tour Allgäu zum Stand der Drucklegung im Juli 2011. Da die Arbeiten an dem Projekt zu diesem Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen waren, können zwischen Veröffentlichung und Projektende noch weitere Ergebnisse erzielt worden sein, die nicht in dem Buch enthalten sind. In dieser Ausarbeitung sind Informationen zu der Ausgangssituation, zur Aufgabenstellung, zu den Projektpartnern, zu gewonnenen Auszeichnungen/Awards und natürlich zu den erzielten Ergebnissen der am Vorhaben beteiligten Unternehmen und Hochschulen enthalten. Die Projektpartner erachten es für wichtig, dass der Kern ihrer Tätigkeiten und Ergebnisse für die interessierte Öffentlichkeit festgehalten wird, um damit insbesondere auch Impulse für weitere Forschungsprojekte des Bundes und der Länder, aber auch der Unternehmen in Deutschland zu geben. Hierbei ist zu beachten, dass es sich bei der vorliegenden Veröffentlichung des Projektkonsortiums bewusst nicht um ein wissenschaftliches Werk handelt, sondern um eine möglichst allgemeinverständlich gehaltene und somit auch für eine breitere Lesergemeinschaft zugängliche Darstellung der Projektaktivitäten.

1.1 Danksagungen

An dieser Stelle möchten die Projektpartner allen Projektbeteiligten und Partnern, welche zum Projekterfolg beigetragen haben, ihren Dank für ihre Mitarbeit und Unterstützung aussprechen. Ein besonderer Dank gilt Herrn Ministerialrat Dr. Andreas Gördeler und Herrn Christian Liebich des Ministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMW), weiterhin Herrn Dr. Bernd Bauche, Herrn Peter Wüstnienhaus und Herrn Dr.-Ing. Frank Otten vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Ein herzlicher Dank geht auch an Herrn Ludwig Karg, Herrn Andreas Reinhardt und Herrn Dr. Thomas Hagen der Begleitforschung von B.A.U.M. Consult und Herrn Dr.-Ing. Peter Wolters von der FEV Motorentechnik GmbH, dem Projektleiter des Partnerprojektes Smart Wheels. Natürlich geht auch ein großer Dank an alle beteiligten Hotels und deren Mitarbeiter, die öffentlichen Mandatsträger des Allgäus, welche mitgeholfen haben, die benötigte Infrastruktur zu errichten und notwendige Genehmigungen zu beschaffen oder zu erteilen sowie an die beteiligten Wirtschaftsunternehmen. Nicht zuletzt gebührt der Dank der Projektpartner auch den Allgäuer Touristen, die mit großer Offenheit der neuen Technik und dem Projekt gegenüber viele der Ergebnisse durch ihre Mitarbeit erst möglich gemacht haben.

1.2 Entstehung des Projektes

Im Zeichen des Klimawandels und sich verknappender fossiler Rohstoffe wächst der Handlungsdruck für Politik, Industrie und Wissenschaft neue technologische Lösungen zu entwickeln, die insbesondere auch den volumenmäßig stetig weiter anwachsenden Verkehrsbereich erfassen. Dies trifft auf verschiedene Weise auf die Auslastung urbaner, sowie ländlicher Infrastrukturen zu. Das Allgäu besitzt typische ländliche, aber auch einige darüber hinausgehende besondere Merkmale, welche die Einführung der Elektromobilität interessant machen. Als Deutschlands größte zusammenhängende Tourismusdestination muss das Allgäu trotz seiner besonders schützenswerten ökologischen Vielfalt die umfangreichen Mobilitätsbedürfnisse von Einheimischen und Gästen bedienen, die insbesondere durch flächenhafte Mobilitätsanforderungen, bedingt durch räumlich stark verteilte Gemeinden und Sehenswürdigkeiten, gekennzeichnet sind. Andererseits leidet unter dem stetig wachsenden Verkehr mit Verbrennungsmotoren die Umwelt und damit die Attraktivität der Hauptorte und der Erholungswert der Landschaft.

Erklärung IKT

Die Abkürzung IKT bedeutet **Informations- und Kommunikationstechnologie**. Im Rahmen des Projektes ist hiermit im Schwerpunkt die **Verbindung von PCs mit Fahrzeugen und die Vernetzung von Fahrzeugen und Ladesäulen mit einer Mobilitätszentrale zu einem intelligenten Computersystem** gemeint.

Am 14. Januar 2009 hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie im Rahmen des zweiten Konjunkturpaketes „Pakt für Wachstum und Stabilität“ mit dem Förderprogramm IKT für Elektromobilität ein umfangreiches Projektprogramm gestartet, das anwendungsorientierte Forschungs- und Entwicklungsthemen im Umfeld der Elektromobilität umfasste. In diesem Projektprogramm sollten nicht nur technische Aspekte, sondern insbesondere auch die oben dargestellten gesellschaftlichen und ökologischen Problemstellungen behandelt werden.

Hr. Karg, B.A.U.M. Consult, beschreibt die Entstehung des eE-Tour Allgäu Projekts im Kontext des vorstehend genannten Projektprogrammes hierbei wie folgt: „Projekte entstehen wie Bäume. Zuerst ist da ein kleines Pflänzchen, eine Projektidee. Wenn man sie gut pflegt, wächst sie heran. Es gibt einen Stamm, von dem zweigen sich Äste ab. Die Zweige und Blätter bilden sich meist in aller Klarheit erst während der Projektlaufzeit heraus. So war es auch bei eE-Tour Allgäu. Das Pflänz-

chen entstand im Rahmen des Projekts CO₂NeuTrAlp, bei dem es um nachhaltige Mobilität im Alpenraum ging. Im Rahmen jenes Projekt entstand unter anderem ein weitverzweigtes Verleihsystem für Pedelecs. Es wurde schnell klar: etwas Vergleichbares mit Elektroautos zu versuchen würde, eines weiteren Förderprojekts bedürfen. Eine erste Projektskizze für ein solches Vorhaben entstand an der Hochschule Kempten. Weil dort u.a. das Thema Tourismus eine große Rolle spielt, entwickelte sich das Pflänzchen schnell in Richtung eines Projekts rund um das Ziel, eine große heterogene Flotte von Elektrofahrzeugen im realen Verleihbetrieb mit Gästen im Allgäu zu testen.

In einem weiteren, ebenfalls im Alpenraumprogramm der EU geförderten Vorhaben wurden vom Allgäuer Überlandwerk (AÜW) parallel dazu Methoden für das Lastmanagement in Verteilnetzen mit hoher dezentraler Einspeisung untersucht. Dort wurden erste Überlegungen angestellt, welche Rolle Elektrofahrzeuge dabei spielen könnten. Beide Ansätze wurden schließlich vereint und bildeten den Stamm des eE-Tour Allgäu Projekts. So wurde es schließlich unter Federführung des AÜW für das Pro-

gramm IKT für Elektromobilität (IKT-EM) des BMWi eingereicht und auch von den Juroren sehr hoch bewertet – jedoch verbunden mit dem Wunsch, sehr eng mit dem Projekt Smart Wheels in Aachen zusammenzuarbeiten, da sich die beiden Projekte speziell im Bereich des Flottenmanagements mittels Onboard-Assistenzsystemen und einer Mobilitätszentrale sehr gut ergänzten. Somit konnten Doppelarbeiten vermieden werden. Die Zusammenarbeit hat sich bewährt: Das vom Konsortialpartner Soloplan im Allgäu entwickelte System fährt auch in den Autos in Aachen. Und das vom Aachener Partner regio IT entwickelte Roaming-System sorgt dafür, dass Aachener Gäste auch im Allgäu mit ihrer Ladekarte der Aachener Stadtwerke ihr dort ausgeliehenes Elektroauto betanken können. Das Schöne daran: Zusammengeführt durch die Begleitforschung für das IKT-EM Programm schlossen sich auch noch weitere Modellprojekte diesem System an und das dafür definierte Verfahren ist auf dem Weg zu einem internationalen Standard. Ausgehend vom Pflänzchen in CO₂NeuTrAlp hat sich das Ganze also zu einem ausladenden Baum entwickelt!“

Förderprogramm IKT für Elektromobilität

Im Rahmen des Förderprogramms sollten folgende Themen beforscht werden:

- IKT-basierte Lade-, Steuerungs- und Abrechnungsinfrastrukturen
- Elektronische Marktplätze und IKT-basierter Technikbetrieb von E-Mobility-Konzepten
- Elektrofahrzeuge als Speicher- und Regelelemente im Smart Grid
- Einbettung der Elektromobilität mit Hilfe der IKT in jeweils typische urbane oder ländliche Verkehrsinfrastrukturen und Nutzerprofile (Branchen, Tourismus, Wohnstrukturen) unter Nutzung der Verkehrstelematik oder von verteilter Intelligenz in den Fahrzeugen
- Innovative E-Mobilitätsdienstleistungen gestützt auf IKT-Anwendungen und entsprechende Geschäftsmodelle, dabei vor allem Erforschung der Akzeptanz von neuen Mobilitätsmodellen
- Normen und Standards

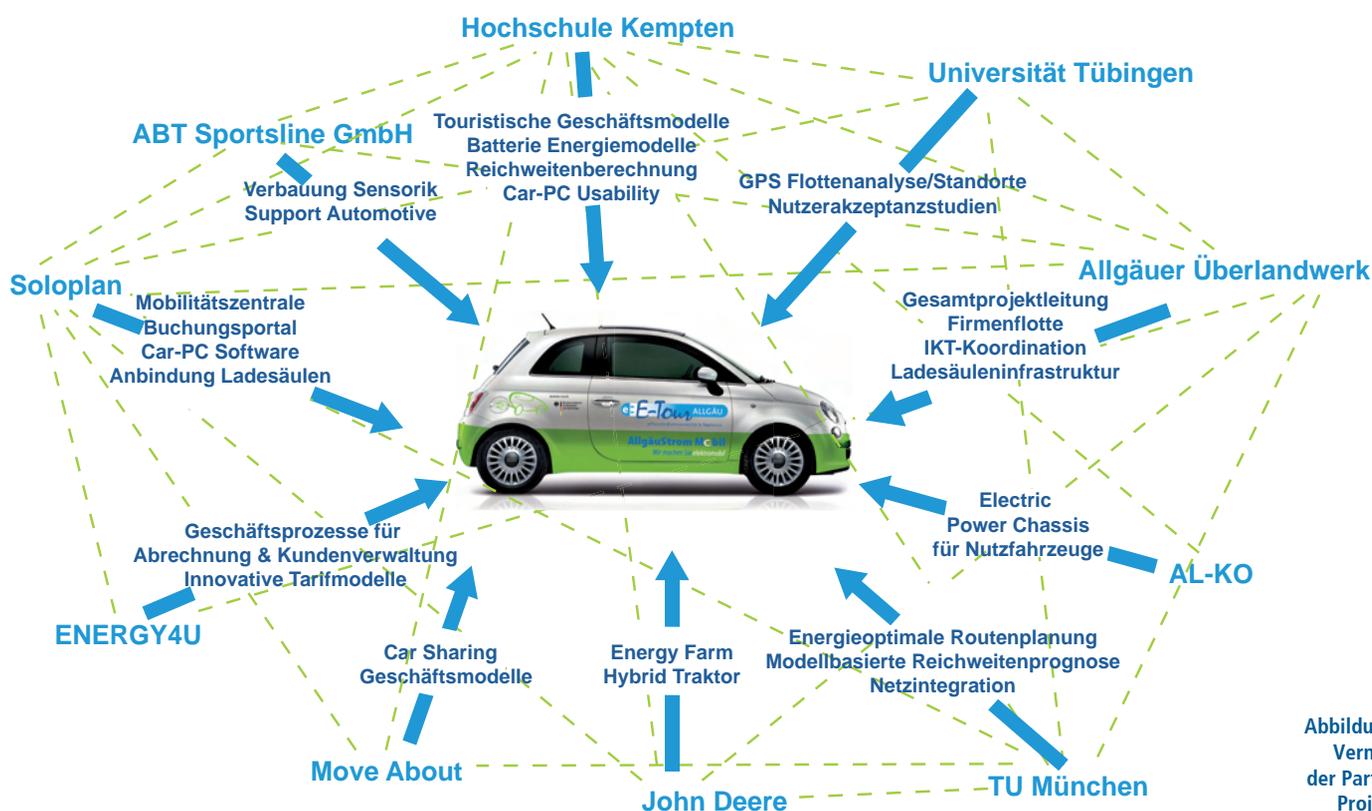


Abbildung 1.1: Vernetzung der Partner im Projekt eE-Tour Allgäu

1.3 Der Projektauftrag für eE-Tour Allgäu

Mit dem Projekt eE-Tour Allgäu sollten die Möglichkeiten und Herausforderungen bei der Einführung umweltschonender Elektromobilität im Tourismus für das Allgäu erforscht werden und praktische Ergebnisse und Lösungsansätze zu deren Umsetzung geschaffen werden. Darüber hinaus galt es auch Erkenntnisse zu weiteren Forschungs- und Entwicklungsbedarfen für den nachhaltigen Betrieb von elektrofahrzeuggestützten Mobilitätskonzepten zu gewinnen.

Hierbei wurde insbesondere das Mobilitätsverhalten unterschiedlicher Nutzergruppen mit Schwerpunkt auf die touristischen Gäste der Region sowie deren Anforderungen an eine IKT Infrastruktur untersucht. Im Schwerpunkt waren die folgend aufgezählten Themenstellungen im Rahmen des Vorhabens zu beforschen und entsprechende Lösungen zu entwickeln:

- Planung und Installation einer flächendeckenden Infrastruktur von Ladesäulen im Allgäu
- Entwicklung und Umsetzung von Konzepten zur Abrechnung von Elektromobilitätsdiensten und Integration in SAP IS-U
- Anschaffung einer großen und bewusst heterogenen Fahrzeugflotte
- Entwicklung einer geeigneten Anwendung zur Verwaltung der Elektrofahrzeugflotte
- Konzeptentwicklung und Umsetzung eines vernetzten IKT-Systems zur Verbindung aller beteiligten IKT Komponenten
- Entwicklung eines Fahrerassistenzsystems für Elektromobilität unter Berücksichtigung von Usability Anforderungen der fokussierten Nutzergruppe (Bedienbarkeit)
- Entwicklung von Routingalgorithmen zur energieeffizienten Navigation
- Entwicklung und Durchführung von Nutzerbefragungen zum Mobilitätsverhalten, der Zahlungsbereitschaft und der Akzeptanz von Elektrofahrzeugen und Mobilitätskonzepten
- Entwicklung eines Hybrid-Traktors für die nachhaltige Bewirtschaftung des ländlichen Raumes mit Verbindung zum IKT-System und einer Energy Farm
- Entwicklung von Geschäftsmodellen im Bereich der Elektromobilität
- Durchführung von Batterieanwendungsforschung
- Entwicklung von Servicemodellen für Elektrofahrzeuge
- Entwicklung verschiedener Fahrzeugprototypen

Aufgrund dieser vielfältigen und interdisziplinären Aufgabenstellungen ist das Gesamtvorhaben als äußerst komplexes Forschungsprojekt zu charakterisieren, zu dem auch nahezu keine Vorarbeiten bekannt, geschweige denn unterstützende Systeme verfügbar waren. So waren etwa auf dem freien Markt keine intelligenten Ladesäulen und zusammenhängende Ladeinfrastrukturen erhältlich und Elektrofahrzeuge waren, so stellte sich im Laufe des Projektes schnell heraus, bis auf Ausnahme des Think City nur als Prototypen oder Umbauten und mit ungewissen Lieferfristen beschaffbar. All diese Eigenheiten machten und machen die Anwendung elektromobiler Konzepte im Tourismus zu einer Herausforderung. Auch die Ziel- und Aufgabenabstimmung der aufgrund des unternehmerischen Schwerpunkts sehr heterogen auszuwählenden Partner sowie die Koordination der Tätigkeiten im laufenden Projekt ließen eine umfangreiche und nicht triviale Aufgabe für den Konsortialführer erwarten. Für das Gelingen des Projektauftrags wurden somit Kooperationspartner gesucht, welche die Aufgabenstellung effektiv und in enger Abstimmung mit den Projektpartnern lösen konnten.

1.4 Projektpartner

Zwischen September 2009 und September 2011 leitete die Allgäuer Überlandwerk GmbH als Konsortialführer das Projekt eE-Tour Allgäu, dessen insgesamt zehn Konsortialpartner nachfolgend kurz vorgestellt werden.

Allgäuer Überlandwerk GmbH (AÜW)

Die Allgäuer Überlandwerk GmbH (AÜW) ist einer der innovativsten regionalen Energieversorger Bayerns. Das AÜW versorgt seit 90 Jahren mit momentan 290 Mitarbeitern fast 100.000 Privathaushalte, Gewerbe- und Industriekunden mit Energie und arbeitet sehr aktiv in verschiedensten Forschungsprojekten in den Bereichen Elektromobilität („eE-Tour Allgäu“), Smart Meter („AlpEnergy“) und Smart Grid („IRENE“). Der Energieversorger bietet nicht nur Klimastrom aus 100% Wasserkraft, sondern auch Dienstleistungen rund um die Elektromobilität. Somit hat das initiative Engagement von AÜW Vorbildcharakter für Kommunen und Unternehmen in den Schwerpunkten Elektromobilität, Erneuerbare Energien und Smart Grid.



Hochschule für angewandte Wissenschaften Kempten

Die Hochschule Kempten bildet als einzige staatliche Hochschule im Allgäu AkademikerInnen in den Wissenschaftsbereichen Ingenieurwissenschaften, Betriebswirtschaft und Tourismus, Informatik und Multimedia sowie Soziales und Gesundheit aus. Rund 4.000 Studierende sind derzeit in insgesamt zwölf grundständigen Studiengängen und vier Masterstudiengängen eingeschrieben.

Zum besonderen Profil der Hochschule Kempten gehört eine breite, fundierte Ausbildung in grundständigen Studiengängen mit einer maßvollen Spezialisierung im Hauptstudium. Ein besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf dem Praxisbezug und der Internationalisierung.



Vielfältige Wirtschaftskooperationen bilden die Basis für ein anwendungsorientiertes Studium. Rund 80 Partnerhochschulen auf der ganzen Welt ermöglichen es, einen Teil des Studiums im Ausland zu absolvieren. Umfangreiche Forschungs- und Technologieprojekte fördern den Wissenstransfer und bereichern die Lehre.

Soloplan GmbH



Die Soloplan GmbH ist einer der führenden Softwareentwickler für Logistiksoftware in Deutschland. Das Produktportfolio des in Kempten (Allgäu) beheimateten Unternehmens umfasst Standardsoftware für die gesamte Transportabwicklung bis hin zur Frachtabrechnung und dem Customer-Relationship-Management (CRM). Hauptprodukt ist das Transportmanagement-System CarLo®. Das System bietet neben der grafischen Disposition die automatische Tourenplanung, eine integrierbare Telematik-Lösung sowie Funktionsbereiche für CRM, die Frachtabrechnung, das Warehouse-Management und die komplette Fuhrparkverwaltung. Der Vertrieb erfolgt über eigene Vertriebsgeschäftsstellen in Deutschland und ein Partnernetzwerk in ganz Europa. Das eigene Firmengebäude bietet den rund 80 Mitarbeitern moderne Arbeitsplätze sowie einen großzügigen Seminarbereich für Kunden.

Move About GmbH



Die Move About GmbH ist der weltweit erste Mobilitätsdienstleister der sich auf Elektrofahrzeuge spezialisiert hat. Die Move About Gruppe ist eine international aufgestellte Organisation, die bereits seit 2008 in anderen europäischen Ländern, insbesondere in Skandinavien, erfolgreich Flotten von Elektrofahrzeugen mit verschiedenen Geschäftsmodellen betreibt. Insofern kann Move About als Pionierunternehmen der Branche und als einer der größten Flottenbetreiber für Elektrofahrzeuge in Europa angesehen werden. Einer der Geschäftsführer der Move About GmbH in Bremen, Herr Dr. Jan-Olaf Willums, ist ein international anerkannter Experte im Bereich der Elektromobilität.

Universität Tübingen



Das Geographische Institut der Universität Tübingen ist mit zwei Arbeitsgruppen in eE-Tour Allgäu vertreten. Die Forschung der Arbeitsgruppe Humangeographie verfolgt das Ziel aus einer kritisch-konstruktiven Forschungsperspektive einen gesellschaftlichen relevanten Beitrag zu zukunftsfähiger Entwicklung zu leisten. Dies geschieht durch die Entwicklung von Handlungsempfehlungen für unterschiedliche raumrelevante Politikbereiche. Auch gesellschaftlich relevante Wandlungsprozesse und Spannungsverhältnisse mit Raumbezug werden sowohl theoriebasiert als auch anwendungsorientiert erforscht (z.B. technologischer Wandel hin zu erneuerbaren Energien und Elektromobilität, demographischer Wandel etc.). Die Forschungsgebiete der Arbeitsgruppe Geoinformatik umfassen das Erfassen, Bearbeiten, Analysieren und kartographische Darstellen digitaler räumlicher Daten, also Daten welche mit geographischen Koordinaten verknüpft sind. Die Kernkompetenzen des Teams sind dabei die Satellitenfernerkundung, hydrologische- bzw. Erosionsmodellierung, GPS-Analysen und räumliche Optimierung.

Technische Universität München



Technische Universität München

Die Forschungsgruppe Energieinformatik als Teil der Fakultät für Informatik der Technischen Universität München (TUM) wird von Prof. Dr. Martin Leucker und Dr. Martin Sachenbacher geleitet. Sie beschäftigt sich mit Bereichen der Informatik, in welchem Aspekte von Informatik und Energie behandelt werden, mit einem gewissen Fokus auf Elektromobilität und Energiespeicherung. Dabei geht es um Fragestellungen, wie wann es sich für einen Fahrer lohnt, Strom ins Netz zurückzuspeisen oder welche Route einen möglichst energieeffizienten Weg zu einem gegebenen Fahrziel bietet.

AL-KO



Die AL-KO Kober Group (Kötz) ist ein global agierendes Unternehmen mit 50 Standorten und 3.700 Mitarbeitern auf allen Erdteilen, das sich in die drei Geschäftsbereiche Fahrzeugtechnik, Garten+Hobby sowie Luft- und Klimatechnik aufgliedert.

Der Unternehmensbereich Fahrzeugtechnik entwickelt und produziert verschiedene Produkte. Im Geschäftsfeld der Anhängerkomponenten für Nutzfahrzeuge/Nutzanhänger werden u.a. Achsen, Anti-Schlinger-Systeme, Caravan-Leichtbau-Chassis und Auflaufeinrichtungen hergestellt. Tiefrahmenchassis sowie Luftfederungs- und Dämpfungssysteme bilden den Kern des Segments AMC, in dem auch die Entwicklung des EPC als Teil des eE-Tour Allgäu angesiedelt ist. Die Kunststofftechnik beinhaltet Produkte wie technische Komponenten, technische Verpackungen und Werkstückträger. Seilzüge, Seilzugeinstellungen und Anhängerkupplungen werden im Geschäftsfeld Automotive gefertigt.

ABT Sportsline GmbH



Gegründet als Schmiede im Jahr 1896 hat sich ABT Sportsline als weltweit führender Veredler für Fahrzeuge des Volkswagenkonzerns etabliert. Mit dem Gewinn diverser Meisterschaften in Rennsportserien wie der DTM, der ADAC GT Masters oder der Formel ADAC ist ABT Sportsline zu einer festen Größe im Rennsport geworden. Mit der Einbindung in das Projekt eE-Tour Allgäu erweiterte das Familienunternehmen sein Know-How im Bereich der automobilen Fortbewegung, was in dem Aufbau eines Caddys angetrieben von ABT POWER E gipfelt.

John Deere



Die John Deere Werke Mannheim sind Deutschlands größter Hersteller und Exporteur landwirtschaftlicher Traktoren und ein wichtiger Entwicklungsstandort. Die Forschungs- und Entwicklungskapazitäten umfassen etwa 500 Ingenieure in allen Bereichen von der Vor- bis zur Serienentwicklung und Fertigung. Mit einem Jahresumsatz von 2,31 Mrd. Euro ist John Deere der größte Landtechnikhersteller der Bundesrepublik und beschäftigt an fünf Standorten ca. 6.000 Mitarbeiter. In Kaiserslautern befindet sich das Europäische Technologie- und Innovationszentrum, welches sich mit Zukunftsentwicklungen auf dem Gebiet der Präzisionslandwirtschaft, intelligenter Technologien und der Elektromobilität befasst.

Energy4U GmbH

Die Energy4U ist ein IT-Dienstleister, dessen Kernkompetenz in der Einführung aller Komponenten der SAP Branchenlösung SAP for Utilities (IS-U) sowie von SAP NetWeaver bei Unternehmen speziell im Energieversorgungssektor liegt. Seit der Gründung im Jahre 2000 konnte die Mitarbeiterstärke auf aktuell über 130 Mitarbeiter gesteigert werden. Das Dienstleistungsportfolio umfasst Services rund um die SAP Industrielösung Utilities, SAP Datentransformation (Migration, Harmonisierung, Konsolidierung), Mobile (Mobile Geschäftsprozesse für den Echtzeitversorger), Smart Metering und eMobility. Energy4U ist SAP Special Expertise Partner im Bereich IS-U.



Weitere Partner

Die Begleitforschung der Forschungsprojekte des Förderprogramms IKT für Elektromobilität wurde von der B.A.U.M. Consult GmbH durchgeführt. Diese berät seit 1992 anbieter- und herstellerunabhängig Unternehmen und die öffentliche Hand bei der Optimierung ihrer Prozesse und Produkte. Die Begleitforschung hat die Aufgabe, die zentralen Akteure der Elektromobilität durch Wissenstransfer und Kooperation zu vernetzen, die Zusammenarbeit der Modellregionen untereinander zu unterstützen und verallgemeinerbare Ergebnisse zu befördern. Im Rahmen der Begleitforschung wurden so übergreifende Fachgruppen organisiert, welche die Bereiche Recht, Interoperabilität (IOP, AIEV, AIDA) und Geschäftsmodelle abgedeckt haben. Final wurden die Projektregionen von der Begleitforschung evaluiert und bewertet.

1.5 Awards und Preise

Die herausragenden Leistungen der eE-Tour Allgäu Konsortialpartner wurden offiziell durch die nachstehenden Nominierungen und Auszeichnungen bestätigt.

Bayerischer Staatspreis
Elektromobilität 2010/
eCarTec Award 2010



Das Projekt wurde innerhalb der sieben Kategorien der Preisverleihung aus 113 Einreichungen als einer der interessantesten Beiträge ausgewählt und in der Kategorie „Nachhaltige Mobilitätskonzepte“ nominiert. Ein Platz unter den besten 3 Vorhaben der Kategorie unterstreicht die Qualität der im Projekt erbrachten Leistungen deutlich.

Deutschland –
Land der Ideen 2011

Eine Expertenjury aus Wissenschaftlern, Wirtschaftsmanagern, Journalisten und Politikern wählte aus 2.600 Bewerbungen das E-Mobilitätsprojekt eE-Tour Allgäu als ein Beispiel für Einfallsreichtum, schöpferische Leidenschaft und visionäres Denken aus. Somit wurde eE-Tour Allgäu als einer der Gewinner mit dem Titel „Ort der Ideen 2011“ ausgezeichnet. Der Wettbewerb selbst steht unter der Schirmherrschaft des Bundespräsidenten. Die Initiative „Deutschland – Land



der Ideen“ wird getragen von der Bundesregierung und der deutschen Wirtschaft, vertreten durch den Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI).

Clean Tech Media Award 2011

Das Projekt eE-Tour Allgäu wurde zur Drucklegung in der Kategorie Mobilität nominiert. Die Nominierung erfolgt nach den Kriterien Innovationsgrad, Beitrag zur Schonung der Umwelt, ökologische Verträglichkeit, Wirtschaftlichkeit, Marktrelevanz, Langfristigkeit der Einsatzmöglichkeit, Verbesserung der individuellen und allgemeinen Mobilität sowie Eignung als Botschafter für Umwelttechnologien.

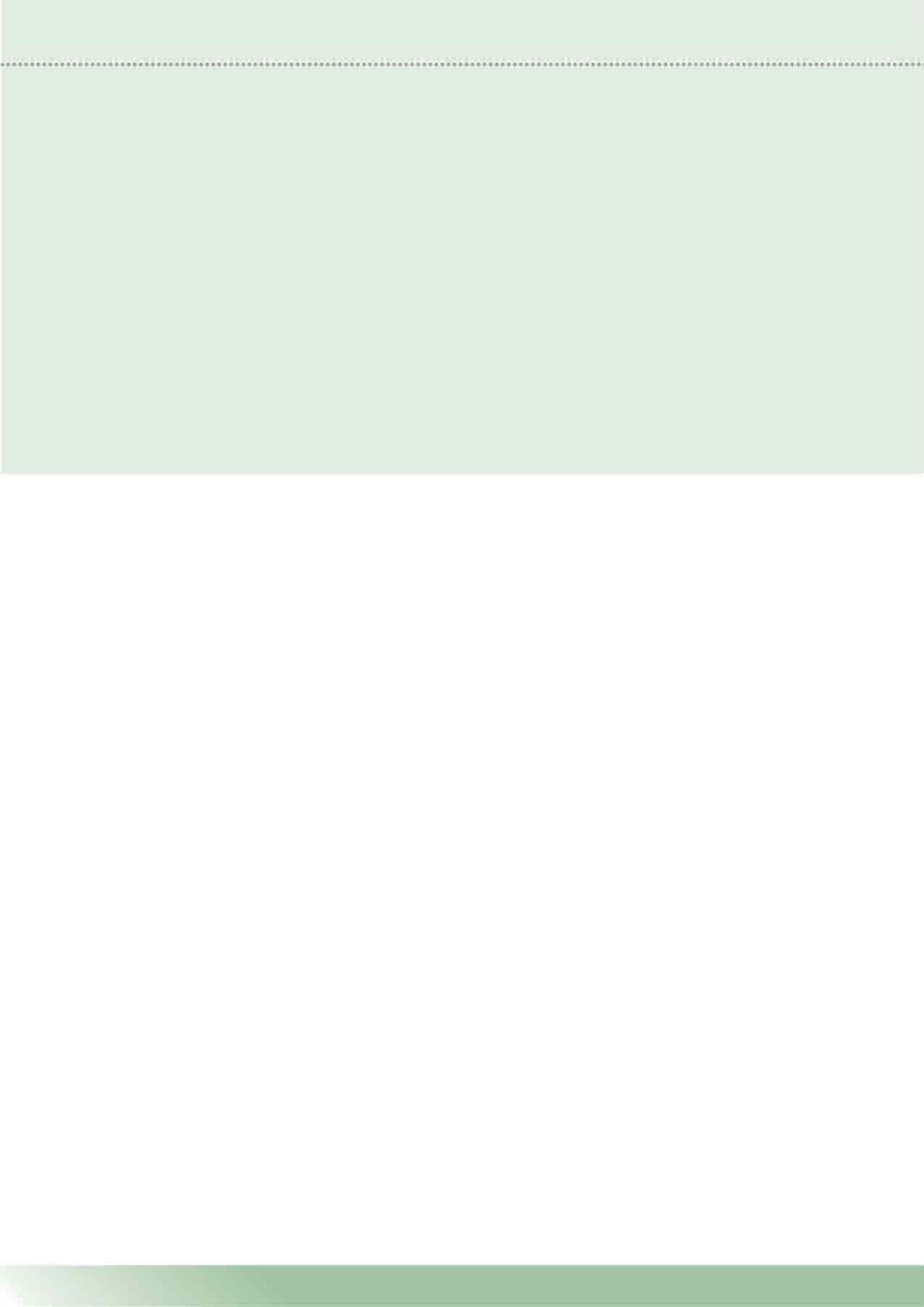


1.6 Teilnahme an Messen und Kongressen

Im Verlauf der Projektdurchführung nutzten die Konsortialpartner auch die vielfältigen Möglichkeiten, an Messen und Kongressen teilzunehmen, um das Vorhaben und seine Ergebnisse vorzustellen und mit fachlich Interessierten vertieft zu diskutieren. An dieser Stelle soll die Nennung einer kleinen Auswahl solcher Veranstaltungen dem Leser einen Eindruck dieser Aktivitäten vermitteln. Stattgefunden unter Teilnahme eines oder mehrerer Projektpartner haben beispielsweise: Cebit, Hannover Messe, eCarTec, VDI Fachkonferenz E-Mobilität, VDE Jahreskongress und Internationale Handwerksmesse München. Darüber hinaus haben insbesondere die beteiligten Hochschulen das Projekt durch Teilnahme an wissenschaftlichen Kongressen im In- und Ausland vertreten, so etwa bei der Langen Nacht der Wissenschaften an der Technischen Universität München, dem Congress of the American Association of Geographers in Washington oder der International Conference on Computation and Sustainability in Boston. Nicht zuletzt haben diese Aktivitäten massiv dazu beigetragen, das Projekt und die Elektromobilität in das Bewusstsein der Öffentlichkeit zu rücken.







2. Allgäuer Überlandwerk



Allgäuer Überlandwerk GmbH

Das Allgäuer Überlandwerk (AÜW) leitet und steuert als Konsortialführer das Projekt eE-Tour Allgäu. Als größter lokaler Energieversorger im Allgäu will das AÜW mit diesem zweijährigen Projekt des BMWi Erfahrungen in einem der wichtigsten Zukunftsmärkte, der Elektromobilität, sammeln und unter anderem folgende Fragen beantworten:

- Können die Elektroautos in der AÜW Firmenflotte sinnvoll und wirtschaftlich eingesetzt werden?
- Lässt sich eine Ladesäuleninfrastruktur schnell und günstig aufbauen und wirtschaftlich betreiben?
- Wie lassen sich die Tankkosten abrechnen?
- Welche und wie viel IKT (Informations- und Kommunikations-Technologie) ist dafür notwendig?
- Wie akzeptieren die Allgäuer und die AÜW Kunden das neue Thema Elektromobilität?

2.1 Die AÜW E-Firmenflotte

Mit eE-Tour Allgäu sollten erstmalig Elektroautos in die Firmenflotte des AÜW integriert werden. Dieses Ziel wurde bewusst mit sieben unterschiedlichen Elektrofahrzeugen realisiert. Für die Auswahl der Typen wurden die Faktoren „Reichweite > 100 km“ und „Geschwindigkeit > 100 km/h“ herangezogen. Zusätzliche wichtige Parameter waren Ladefläche, Außenwirkung, Funktionalität, Sicherheit, Wintertauglichkeit sowie die Kapazität des Akkus. Jede Abteilung innerhalb des AÜW hatte die Möglichkeit die Elektrofahrzeuge zu testen. Die Geschäftsleitung und viele Abteilungen, wie z.B.

Marketing, Vertrieb, Zählerabteilung, Netzservice und Werkstatt machten davon Gebrauch. Die Rückmeldungen waren großteils positiv, obwohl die einzelnen Abteilungen unterschiedlichste Anforderungen an die Fahrzeuge hatten. Die AÜW e-Firmenflotte besteht aus

den folgenden Typen: Fiat 500, Stromos, Fiat Fiorino, Turn E City 25, Mitsubishi i-MiEV, LUIS 4U und Spyder S. Neben den Elektroautos gehört auch ein Elektroroller der Marke Vectrix dazu.



Abb. 2.1: Ein Teil der Elektroauto-Flotte bei AÜW

Um den genauen Stromverbrauch inklusive Ladeverlust analysieren zu können, hat AÜW Stromzähler in alle Ladekabel eingebaut. Seit dem Flottenstart im August 2010 wurden fast 4 MWh mit der e-Firmenflotte geladen. Um eine detaillierte Auswertung vornehmen zu können sind parallel zur Datenerfassung des Car-PCs in einem Fahrtenbuch zusätzlich der Km-Stand, der Energieverbrauch pro e-Auto, die Anzahl der Fahrten, der Batterieladestatus, das Wetter und die Personenanzahl eingetragen worden. Zusätzlich hat AÜW eine telefonische e-Hotline für Notfälle eingerichtet. Einige Mitarbeiter der AÜW Werkstatt absolvierten spezifische Schulungen für Hochvolt-Systeme in PKW, um die Fahrzeuge schnell und sicher warten zu können.

Die AÜW Elektrofahrzeuge haben im Zeitraum von zehn Monaten insgesamt über 24.000 km zurückgelegt. Die Fahrzeuge wurden mindestens 20 mal pro Monat benutzt und fuhren im Durchschnitt 20-45 km pro Fahrt. Natürlich können nicht alle Fahrten der Firmenflotte des AÜW ersetzt werden, da die Reichweite der Elektrofahrzeuge noch nicht ausreichend ist. Trotzdem haben die internen

Untersuchungen gezeigt, dass ein großer Teil der Strecken durch Elektroautos abgedeckt werden könnten. Insgesamt machten die elektrischen Fahrten während des Forschungsvorhabens ca. 10% der gesamten Firmenflotte bei AÜW aus.

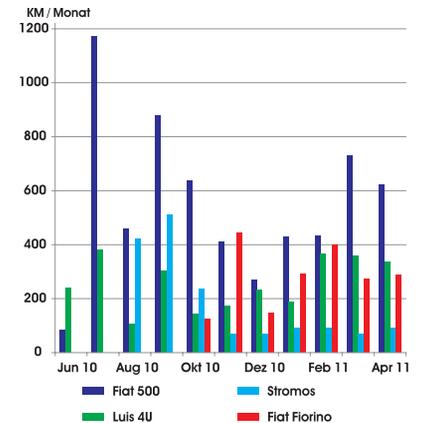


Abb. 2.2: Auslastung der AÜW Elektrofahrzeuge

Die Auswertungen haben gezeigt, dass das AÜW ca. 60% der gesamten PKW-Firmenflotte (37 Autos) durch Elektroautos ersetzen könnte. Um dieses Ziel zu realisieren, wären insgesamt 22 Elektroautos sowie ein innovatives Flottenmanagement notwendig. Mit der Umsetzung dieses Modells könnte das AÜW jährlich über 20.000 EUR an Betriebsmittel einsparen (gerechnet am Beispiel des Mitsubishi i-MiEV bei einer Laufleistung von 13.500 km/a). Hinzu kommt außerdem noch die geringere Anzahl von Verschleißteilen und geringere Wartungskosten bei e-Motoren. Andererseits muss aber der aktuell noch deutlich höhere Anschaffungspreis berücksichtigt werden.

Potenzial der E-Firmenflotte

Derzeit liegen die Gesamtkosten der e-Autos im Vergleich zu „Benzinern“ noch deutlich höher, allerdings wird der Kostenunterschied mit zunehmender Laufleistung pro Jahr geringer.

Die Untersuchungen zeigten weiter, dass auch die langen Ladezeiten von teilweise über acht Stunden nur ein sehr geringes Problem darstellen. Die Fahrzeuge wurden überwiegend nachts geladen und tagsüber meist ohne Zwischenladung gefahren. Die unerfahrenen e-Auto Nutzer waren anfangs oft skeptisch gegenüber

der Reichweite, aber nach einer kurzen Eingewöhnungszeit war dies meist kein Problem mehr. Das Allgäu mit seiner bergigen Topographie, seinen langen Wintern und seiner ländlichen Struktur ist eine besondere Herausforderung für die Elektromobilität. Während der Testfahrten wurde deutlich, dass der Energiebedarf stark von einigen Faktoren abhängig ist. Zum einen gilt, je niedriger die Außentemperaturen, desto höher ist der Energiebedarf der Elektroautos. Dies ist größtenteils auf den höheren Innenwiderstand des Akkus bei niedrigen Temperaturen sowie zusätzlich auf den häufigeren Gebrauch der elektrischen Heizung zurückzuführen. Scheibenwischer, Radio und Licht haben nur einen geringen Einfluss auf den Energieverbrauch.

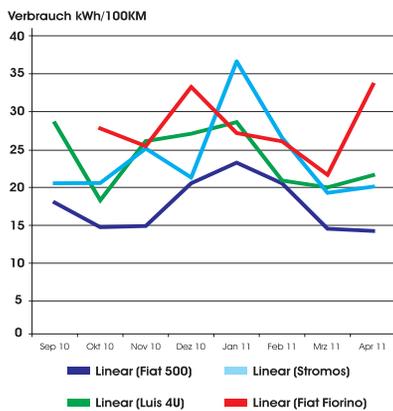


Abb. 2.3: Energiebedarf pro 100 km

Des Weiteren sind der Fahrstil und die Anzahl an Beschleunigungen und Verzögerungen für den Energieverbrauch bedeutsame Parameter. Bei vielen unterschiedlichen Erstnutzern, z.B. auf Events und Messen, wurde im Vergleich mit e-Auto erfahrenen Angestellten des AÜW ein wesentlich höherer Energiebedarf festgestellt.

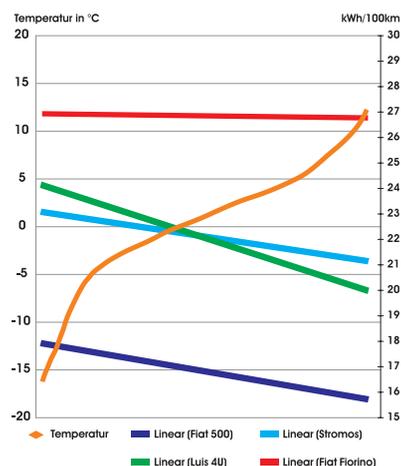


Abb. 2.4: Verbrauch in Abhängigkeit zur Temperatur

Die Fehlerquote für die Fahrzeuge lag bei durchschnittlich 0,8 Fehlern pro 100 km. Einige Elektroautos waren dabei besonders anfällig. Auch die Handhabung der umgerüsteten Elektroautos fällt sehr unterschiedlich aus, da die Fahrzeuge der ersten Generation sowohl mit Schaltgetrieben als auch mit Automatikgetrieben und mit verschiedensten Anzeigewerten im Bordcomputer ausgestattet sind. Im Projekt hat sich herausgestellt, dass deswegen ein zuverlässiger und kompetenter Servicepartner sehr wichtig ist.

Die Elektrofahrzeuge haben, zusätzlich zu Testfahrten auf Events insgesamt über 1000 Fahrten absolviert. Fahrer der Elektroautos waren Mitarbeiter der einzelnen Abteilungen bei AÜW, Bürgermeister und Politiker der Region, Mitarbeiter von Kommunen, Presse und Geschäftskunden. Des Weiteren wurden die Elektrofahrzeuge auch auf verschiedenen nationalen und internationalen Messen ausgestellt und konnten dort Probe gefahren werden.

Die Rückmeldungen der Testfahrer ergaben, dass die Meisten sich durchaus vorstellen können ein e-Auto im Alltag zu nutzen. Die vorherrschende Skepsis über die Reichweite konnte bei den Nutzern beseitigt und zusätzlich großes Interesse für das Projekt eE-Tour Allgäu geweckt werden. Meinungen und Kommentare nach den Fahrten waren z.B.:

- „Für die kombinierte Nutzung in der Stadt und auf dem Land ist das Elektroauto durchaus empfehlenswert!“
- „Macht wirklich Spaß den kleinen Flitzer zu fahren“
- „Meine Bedenken im Vorfeld über die Reichweite waren unbegründet, denn es gab keine Probleme!“
- „Wir haben Elektroautos im Allgäu fahren sehen, und sind jetzt auch stolze Besitzer eines Elektrofahrzeugs!“
- „Es war ein schönes und vor allem auch störungsfreies Erlebnis“

Für das AÜW ist die Elektromobilität ein wichtiger Zukunftsmarkt. Deshalb wird die e-Firmenflotte weiter eingesetzt und in den nächsten Jahren sogar ausgebaut. Durch die vielfältigen Erfahrungen aus dem Projekt wird AÜW sich weiterhin als einer der Innovationsträger im Allgäu positionieren und neue Geschäftsmodelle entwickeln.

2.2 Ladesäulen und Ladeinfrastruktur

Die Ladesäulen von eE-Tour Allgäu wurden in den ersten Projektmonaten ausgewählt, was sich als weitaus schwieriger und zeitintensiver herausstellte als ursprünglich geplant. Es gab zwar viele neue Hersteller, aber nur wenige, deren Ladesäulen den Projektanforderungen entsprachen. Alle Hersteller hatten zudem nur Ladesäulen im Prototypen-Stadium. Die Auswahl fiel Anfang Januar 2010 auf die Firma EBG aus Lünen, da diese die Ladesäule am flexibelsten auf die Bedürfnisse des Projekts anpassen und die Verfügbarkeit bis Mitte 2010 zusagen konnte. Die Installation der einzelnen Ladesäulen begann nach Auslieferung Anfang Juni 2010 und endete mit der Installation der letzten Ladesäule im September 2010. Damit war die Ladeinfrastruktur mit elf „intelligenten“ eE-Tour Allgäu Ladesäulen pünktlich zur Auslieferung der Elektroautos aufgebaut und funktionsfähig.

Ladestecker

Die derzeitigen Elektrofahrzeuge haben ganz unterschiedliche Steckverbindungen. Dies soll in Zukunft über die DIN IEC 62196 vereinheitlicht werden. Da die Norm noch nicht verabschiedet ist, besitzt die eE-Tour Allgäu Ladesäule vier verschiedene Steckdosen.

Abb. 2.5: Übersicht eE-Tour Allgäu Ladesäule

Die in eE-Tour Allgäu verwendete Ladesäule wurde auf die Projektbedürfnisse angepasst. Da es im Jahr 2010 noch keinen Standard für die Ladesteckverbindung an den eingesetzten Elektrofahrzeugen gab, wurden zwei zusätzliche Steckverbindungen mit der CEE blau und der Schuko Steckdose mit jeweils 230V und 16A angebracht. Dies sind die sichtbarsten Veränderungen an der Ladesäule. Somit werden für den Nutzer unnötige Adapterkabel vermieden. Die weiteren Steckverbindungen sind CEE-Rot mit 400V und 16A und die e-Mobilitätssteckdose nach IEC 62196, welche als Normvorschlag für Elektroau-



tos eingereicht wurde. Als e-Mobilitätssteckdose ist diese in 2010 noch in fast keinem e-Auto zu finden. Sie wird voraussichtlich in den nächsten Jahren der neue Standard werden. Dieser Stecker verfügt über einige Zusatzfunktionen, wie z.B. die Verriegelung und die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladesäule. Um die Benutzung der Ladesäulen attraktiver zu gestalten, ist der Ladevorgang während der Projektlaufzeit an allen Ladesäulen kostenfrei. Alle Ladesäulen von AÜW und den AllgäuStrom-Partnern werden mit CO₂-freiem Strom (mit TÜV-SÜD Zertifikat) versorgt.

Ein besonderes Augenmerk liegt auf dem Thema Sicherheit der Ladesäulennutzung. Damit Dritte an der Ladesäule nicht mit Spannung in Berührung kommen können, sind alle Steckdosen vor Benutzung spannungsfrei. Die Ladesäule muss erst über eine RFID-Karte aktiviert werden. Sobald ein Stecker in eine Steckdose eingesteckt wird, schaltet die Ladesäule dann die Spannung für diese Steckdose ein. Die Spannung liegt solange an, bis der Stecker gezogen oder der Ladevorgang über die RFID-Karte wieder beendet wird. Somit ist die Sicherheit der ladenden Kunden gewährleistet. Für das Auftreten von Problemen an der Ladesäule wurde in der AÜW Netzleitstelle eine Service-Hotline bereitgestellt, welche an sieben Tagen pro Woche jeweils 24 Stunden für die Kunden erreichbar ist. Als positiv ist zu verzeichnen, dass sich die anfänglichen Befürchtungen im Bezug auf Graffiti und Vandalismus nicht bewahrheitet haben. Es gab eine einzige kleine Beschädigung, weil eine Ladesäule leicht von einem Auto angefahren wurde, sonst gab es keinerlei Vorkommnisse

Das seit Projektbeginn bestehende Problem, dass immer zwei Parkplätze für den Ladevorgang freigehalten werden sollte, wurde jüngst durch eine gesetzliche Regelung gelöst.

Die Standorte der Ladesäulen wurden auf Basis von verschiedenen Kriterien (Distanz, Einwohner, Touristen, Übernachtungszahlen) und wissenschaftlichen Computermodellen durch die Universität Tübingen und die Hochschule Kempten ermittelt. Die abgebildete Karte mit den Standorten enthält auch Ladesäulen, welche durch andere Unternehmen im Rahmen des Projekts aufgestellt wurden. Alle eE-Tour Allgäu Ladesäulen können selbstverständlich von allen Inhabern der RFID-Ladekarten genutzt werden. Insgesamt wurden im Projekt elf „intelligente“ Ladesäulen aufgestellt. Zusätzlich haben der Energieversorger eG Rettenberg und zwei weitere österreichische Energieversorger EW Schattwald, Energieversorgung Kleinwalsertal GesmbH je eine eE-Tour Allgäu Ladesäule aus eigenem Budget aufgestellt. Hiermit wird ein erstes Netzwerk geschaffen um Touristen im Allgäu und angrenzenden österreichischen Tälern länderübergreifendes Laden zu ermöglichen. Weitere Kooperationen sind in Planung und Umsetzung (z.B. mit der Stadtwerke-Kooperation „ladenetz.de“ und die Energieversorger-Kooperation in Bayerisch-Schwaben „Ich-tanke-Strom“), so dass es in Zukunft durch das Engagement der Modellprojekte ein immer größeres und kompatibles Ladenetz für Elektrofahrzeuge in der Region, in Deutschland und darüber hinaus bis ins benachbarte Ausland geben wird.

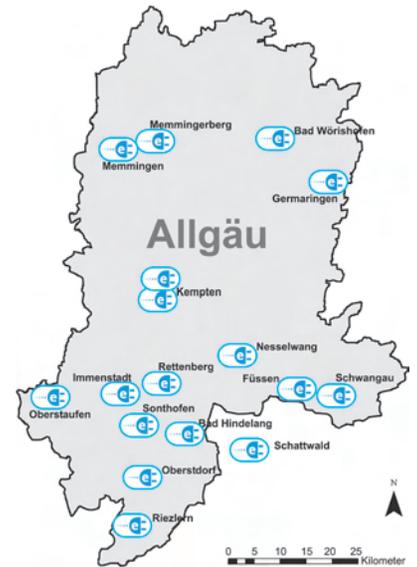


Abb. 2.6: Ladesäulenstandorte

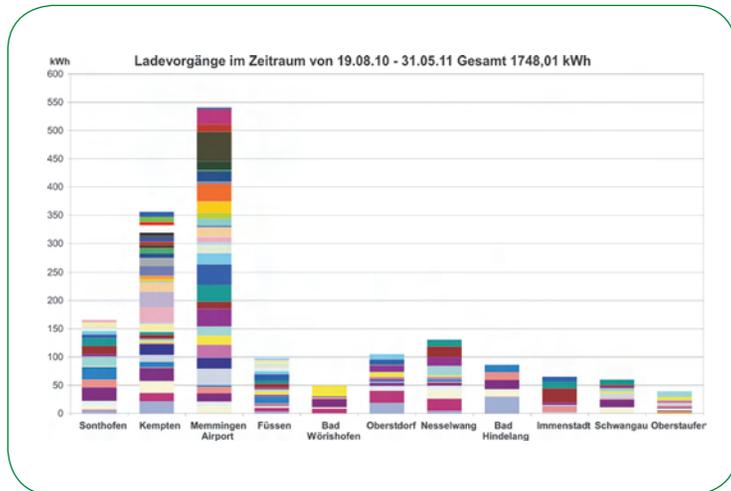
Das AÜW hat im Laufe des Projektes an die Kunden der Ladeinfrastruktur – Projektpartner, Partnerhotels, Gemeinden, Kommunen, Unternehmen, private e-Auto Besitzer – über 100 (RFID) Tankkarten vergeben. Diese können bis Projektende (Sep. 2011) von allen kostenlos genutzt werden. Mit dem neuen Internetportal von ladenetz.de, welches von der eE-Tour Allgäu Mobilitätszentrale alle Tankdaten bekommt, können Mitarbeiter des AÜW über einen Webzugang alle Tankinformationen (Wer hat wann, wo, wie viel getankt?) sehr einfach abrufen und auswerten.

In der grafischen Übersicht sind alle Ladevorgänge der einzelnen eE-Tour Allgäu Ladesäulen zu erkennen, welche an das AÜW übermittelt wurden. Jede Farbe steht für einen Ladevorgang. Insgesamt wurden 232 Ladevorgänge im Zeitraum von 19.08.2010 bis 30.05.2011 übermittelt. Die Gesamtlademenge der öffentlichen Ladesäulen betrug in dieser Zeit 1748 kWh, das entspricht einer Kilometerfahrleistung von ca. 8740 km. Die gesamte Projekt-Fahrzeugflotte ist in dieser Zeit ca. 175.000 km gefahren. Somit wurden in der Konstellation von eE-Tour Allgäu nur ca. 5% der benötigten Energie über die öffentliche Ladeinfrastruktur geladen. Die relativ geringe Nutzung der öffentlichen Ladeinfrastruktur beruht darauf, dass die meisten Fahrten mit Elektroautos nach den erzielbaren Reichweiten (im Schnitt ca. 100 km) geplant und durchgeführt wurden. Dies wird sich mit der Erhöhung der Reichweiten und der Verkürzung der Ladezeiten voraussichtlich ändern. Dennoch ist eine bestimmte Anzahl von öf-



fentlichen Ladesäulen, an zentralen Stellen wichtig. Diese vermitteln neuen Nutzern von Elektroautos ein sicheres Gefühl und einen gewissen Komfort durch das Laden an zentralen Stellen.

Abb. 2.7: Übersicht Gesamtladevorgänge



Die monatlich abgegebenen Lademengen an den Ladesäulen waren sehr unterschiedlich. Zu Projektbeginn im August 2010 war die Lademenge relativ gering, was sich allerdings sehr schnell durch die zunehmende Größe der Elektroflotte und durch den zuneh-

talliert, der mit dem BMS (Batterie-Managementssystem), der Mobilitätszentrale und dem Webportal kommuniziert. Über Funk (GPRS) werden Position, Uhrzeit, Spannung, Stromstärke und Temperatur zur Mobilitätszentrale gesendet.

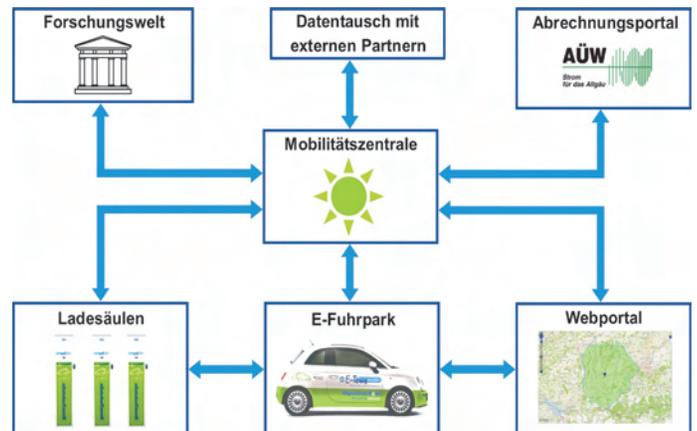


Abb. 2.8: Allgäuer IKT-System für Elektromobilität

Über 50% der Ladevorgänge betragen weniger als 5 kWh Energie und ca. 29% weniger als 1 kWh. Pro 1 kWh wird eine Reichweitenverlängerung von ca. 5 km erzielt.

Die durchschnittliche Lademenge beträgt 7,18 kWh. Dies entspricht einer zusätzlichen Reichweite von ca. 38 km.

menden Bekanntheitsgrad der Ladesäulen änderte. Seit November 2010 werden konstant zwischen 230 kWh und 300 kWh pro Monat geladen.

Mit der Installation der Infrastruktur im Allgäu wurden die ersten Grundsteine gelegt, um das „Henne Ei Problem“ der Elektromobilität zu lösen. Somit ist die Region ideal auf eine steigende Zahl von Elektroautos vorbereitet. Erst mit zunehmender Anzahl von Kunden werden sich wirtschaftliche Geschäftsmodelle im Bereich Ladesäulen und Ladesäuleninfrastruktur umsetzen lassen.

Mitarbeiter des AÜW nutzen das zentrale Webportal über das Internet und sehen dort die aktuellen Standorte der Elektrofahrzeuge und deren aktuelle Reichweite bzw. den Batteriezustand.

Ladedauer, Ladeenergie, Ladeleistung

Die Ladezeit hängt stark von der Ladeleistung ab. So benötigen die e-Autos unterschiedlich lang, um die durchschnittlichen 7,18 kWh zu laden:

Stromos: 2 h 30 min (Schuko 230V/16A)

Fiat 500: 40 min (CEE-Rot 400V/15,5A)

Fiat Fiorino: 2 h 30 min (Schuko 230V/16A)

Luis4U green: 7 h 20 min (Schuko 230V/4A)

i-MiEV: 2 h 30 min (Schuko 230V/16A)

Turn E City 25: 2 h 30 min (Schuko 230V/16A)

Spyder S: 3 h 30 min (Schuko 230V/10A)

2.3 IKT-System: Nutzung durch AÜW

Für die Realisierung des Forschungsprojektes wurde ein IKT-System (Informations- und Kommunikations-Technologie) aufgebaut, in welchem die gesamte e-Flotte und die AÜW- Ladesäulen verwaltet werden können. Die im IKT-System gesammelten Daten tragen zu weiteren Forschungsergebnissen bei und ermöglichen eine Abrechnung der Tankvorgänge. Zusammen mit den Partnern wurde der Car-PC und die Ladesäule ausgewählt, sowie eine Lösung für die Verbindung dieser geschaffen. Die Ladesäulen wurden bidirektional an das System angebunden, um alle Forschungsvorgänge abzudecken. In den meisten Elektroautos der Gesamtflotte wurde ein Car-PC ins-

Fahrzeugauchung

Das Webportal mit Reichweitenkarte und integrierter Buchungsfunktion ist ein wichtiges Werkzeug für die Verwaltung der e-Autos. Ein geeignetes Fahrzeug kann so schnell ausgewählt werden. Die Reichweitenkarte mit den Ladesäulen wird auch im Fahrzeug auf dem Car-PC angezeigt, was zu einem Komfortgewinn führt.

Abrechnung

Für einen zukunftsträchtigen Betrieb von Elektromobilität durch den Energieversorger ist es unabdingbar, dass die neuen Produkte, die Ladesäulen, sowie Dienstleistungen und verschiedene Tarife abgerechnet werden können. Mit dem Partner Energy4U (E4U) hat das AÜW hierfür eine Erweiterung im SAP System entwickelt. Im Rahmen des Projektes wurden verschiedene Fälle von Abrechnungsszenarien getestet und überprüft.

Parallel haben AÜW Mitarbeiter in verschiedenen Fachgruppen (FG) der Begleitforschung, an der Entwicklung und Umsetzung von Standards für die Abrechnung von Ladesäulen und für unterschiedliche Roaming szenarien, mitgewirkt.

Fachgruppen

Fachgruppen der Begleitforschung des BMWi helfen erfolgreich regions- und projektübergreifend mit, dass der Grundstein für nationales, sowie internationales Roaming gelegt wird. Daraus können entsprechende Normen verabschiedet werden, damit eine einheitliche Abrechnung der Elektromobilität möglich wird.

Das Projekt eE-Tour Allgäu hat bei der Entwicklung eines Vorschlags für einen nationalen Standard im Bereich Identifikation, technische Verbindung und Definition der erforderlichen Datenprotokolle mitgewirkt. Besonders die Implementierung des RFID Standards an den Ladesäulen der IKT-Modellregionen hat zu einer weiteren Vereinheitlichung der Authentifizierung und Autorisierung geführt. Die Ladeda-

ten werden nach einem erfolgreichem Ladevorgang von der Säule per Funk an die Partner-Mobilitätszentrale von Smart Wheels übertragen und dann weiter in das Engineering-SAP System von E4U geleitet und dort getestet. Für eine produktive Abrechnung müssten nach Ende des Projektes alle Neuerungen von E4U-SAP in das AÜW-SAP System implementiert werden. Mit den Projekterfahrungen hat das AÜW einen variablen Stromtarif entwickelt, welcher ab Ende 2011 für Elektrofahrzeuge angeboten wird.

Um die starke Volatilität der Erneuerbaren Energien effizient zu kontrollieren sollten die Elektroautos am besten dann laden, wenn Energieüberfluss besteht und rückspeisen, wenn Energie benötigt wird. Im Projekt wurde der Ausbau einer kommunikativen Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum für ungesteuerte Ladevorgänge umgesetzt und getestet. Für konkrete Aussagen zum gesteuerten Laden sind weitere Forschungs-

vorhaben und Projekte notwendig, um mittels IKT die Brücke zwischen Smart Grid und e-Mobilität herzustellen. Während der Anlaufphase von eE-Tour Allgäu gab es leider noch keine Elektroautos und Ladesäulen zu kaufen, welche die Rückspeisung von Energie unterstützen. Aus dem Projekt eE-Tour Allgäu entstand das neue BMWi-Projekt IRENE (AÜW, Siemens, Hochschule Kempten, RWTH Aachen), in welchem die Anbindung und die Auswirkung der Elektromobilität an das Smart Grid untersucht wird. In diesem Pilotprojekt wird das Ortsnetz von Wildpoldsried untersucht, welches sich schon heute im Bereich der Erneuerbaren

Energien auf dem Stand von 2020 befindet.

Für ein funktionierendes und intelligentes Smart Grid müssen noch viele Definitionen und Regelungen geschaffen werden. Dies wird eine der großen Herausforderungen für die

neuen BMWi Modellprojekte „IKT – Elektromobilität II“.

Grüne Mobilität

Elektromobilität ist nur dann nachhaltig, wenn sie mit Erneuerbaren Energien (z.B. aus 100% Wasserkraft) genutzt wird, das Smart Grid intelligent angebunden wird und die Nutzung der e-Autos, z.B. durch Carsharing über eine hohe Auslastung, effizient wird.

Abb. 2.9: SAP-System; Quelle: AÜW/ Energy4U

Übersicht	Preis/Tarif	Gerät	Betrag/Druck	Zusatzdaten	Int.Abrech.Daten	Weiteres
Übersicht						
Gültig ab	01.04.2011	<input type="checkbox"/> AbschlgsZeile	Rab.Schlüssel	<input type="text"/>	<input type="radio"/> Betragsrabatt	
Gültig bis	11.04.2011	<input type="checkbox"/> Differenzzeile			<input type="radio"/> Mengenrabatt	
Saison		<input checked="" type="checkbox"/> Druckrelevant			<input type="radio"/> Preisrabatt	
Belegzeilenart	ZEMOBL	Ladevorgänge E-mobility				
Preis						
Abrechnungsmenge	0,2000000000000000	AbrechngMaß.	KWH			
Preisbetrag	0,12000000	Wdhlungsfaktor	0			
Nettobetrag	0,02					
Tarif	EMOB_1	Strom Tarif 1 Hochtarif				
Abrechnungsklasse	0001	Tarifyp	EMOB			
Branche		RahmV zum EV				
ZuordnDat.Abl.		Zeityp Rechz.	Tag			
Gerät	10104444391C92480	Zählwerk	1			
Abrech.ZStand	0,2000000000000000	Sperrgrund				
Zstand vo.Abl	0,0000000000000000					
AbrPeriodentyp	Normale Abrechnur					
Zeitanteil	11,00000000					



Neues Wasserkraftwerk Keselstraße, Kempten, Quelle: AÜW

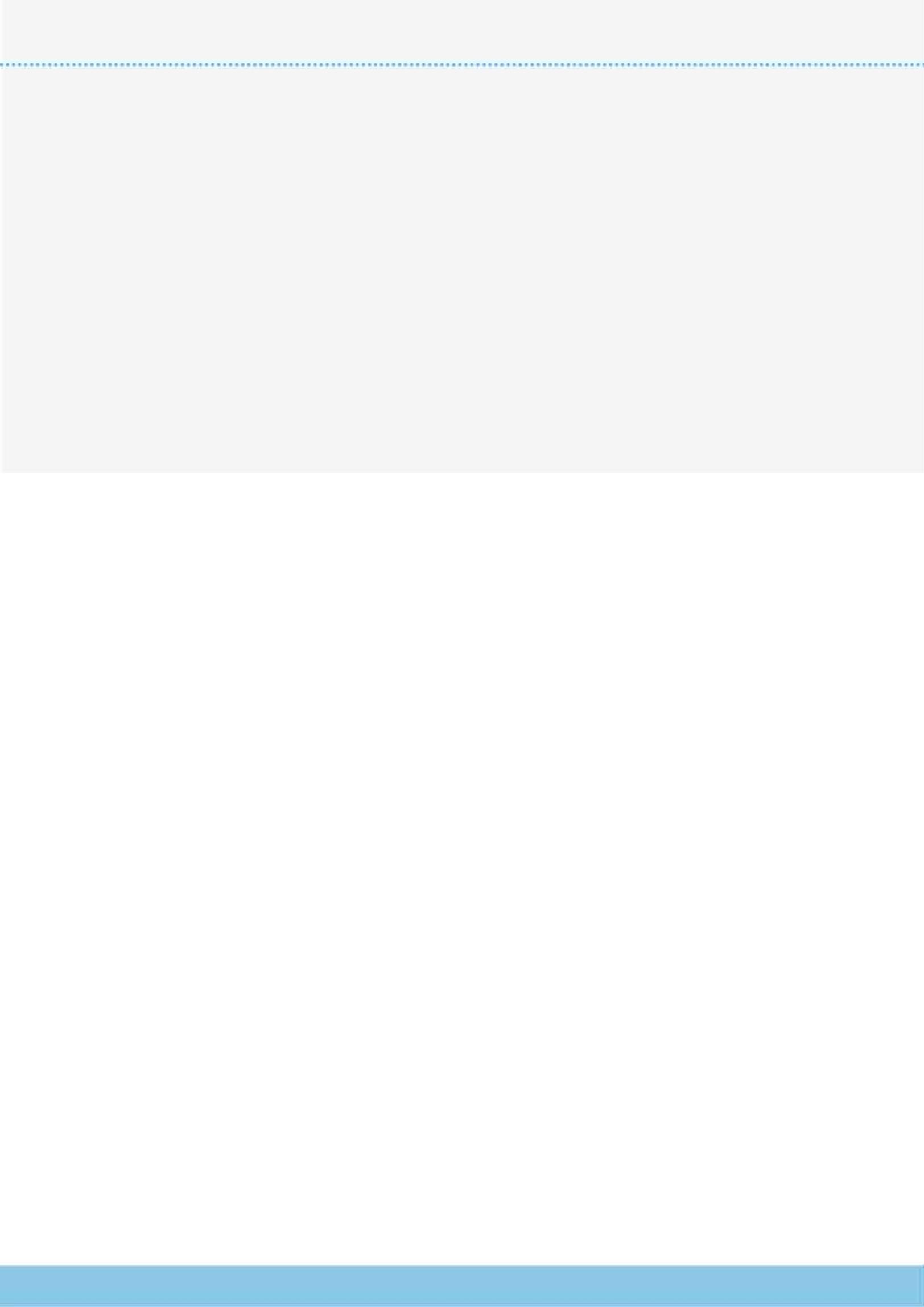
2.4 Erkenntnisse aus eE-Tour Allgäu

Schon seit dem Jahr 2008 beschäftigte sich das AÜW sehr intensiv mit dem Thema Elektromobilität und die Geschäftsleitung verankerte dieses wichtige und innovative Thema in den strategischen Unternehmenszielen. Konkret wurde beim AÜW aufgrund von eE-Tour Allgäu und zwei weiteren EU-Projekten eine neue Kompetenzabteilung gegründet und dadurch einige neue Arbeitsplätze geschaffen. Das Projekt eE-Tour Allgäu generierte aus den Bereichen Fuhrparkverwaltung, Elektrofahrzeuge, Ladesäulen und Abrechnung viele wichtige Praxiserfahrungen. Anhand dieser Erkenntnisse kann das AÜW neue Fahrzeugkonzepte und Mobilitätsmodelle gut beurteilen und während der ersten Marktphase für die Kunden qualitativ hochwertige Produkte planen. Mit dem gesammelten Wissen entstanden neue Ideen und Konzepte, aus denen langfristig innovative und nachhaltige Geschäftsmodelle entwickelt werden sollen.

Die Elektrofahrzeuge werden im Vergleich zu Verbrennungsfahrzeugen effizienter und mittelfristig auch günstiger sein. Hieraus ergibt sich eine Chance für den Energieversorger. Vor allem die öffentliche Ladeinfrastruktur wird als wichtiges Signal für den Kunden wahrgenommen. Weiterhin kann der Energieversorger

mit den neuen Elektrofahrzeugen bei vielen öffentlichen Veranstaltungen für Begeisterung sorgen und eine grüne Mobilität anbieten. Besonders wenn die Bevölkerung wie bei eE-Tour Allgäu demonstriert durch Testfahrten auf Messen und Veranstaltungen, über Tourismusverbände und Partnerhotels stark eingebunden wird, kann die Akzeptanz der E-Mobilität deutlich erhöht werden.

Das AÜW wird bundesweit immer mehr als ökologisch engagierter Energieversorger wahrgenommen, da die Allgäuer Projektflotte und auch die AÜW-Firmenflotte natürlich ausschließlich mit sauberem Strom aus Erneuerbaren Energien (Tarif: AllgäuStrom Klima) angetrieben wird. Mit der Elektromobilität werden neue Geschäftsfelder erschlossen. Dadurch wird parallel der Ausbau von Erneuerbaren Energien gefördert, welcher ebenfalls zu den Unternehmenszielen des AÜW gehört. Weiterhin wurde durch das Projekt eine intensive Vernetzung mit nationalen und internationalen Partnern aus den Bereichen Industrie, Forschung und Bildung erreicht sowie weitere Kontakte zu anderen Projekten, Initiativen und Ministerien aufgebaut. So ist der Energieversorger Allgäuer Überlandwerk ganz sicher mit seinem gewonnenen Wissen und neuen innovativen Produkten gut auf dem Marktplatz der Elektromobilität positioniert.



3. Hochschule Kempten



Hochschule Kempten
University of Applied Sciences

Hochschule für angewandte Wissenschaften Kempten

3.1 Teilprojekte an der Hochschule Kempten

Die Aufgabe der Hochschule Kempten im Projekt eE-Tour Allgäu ist es, eine sehr heterogene Fahrzeugflotte im öffentlichen, touristischen Umfeld mit ungeschulten Fahrern in Verkehr zu bringen. Dabei sollten insbesondere die Potenziale dieser neuen Technologie beim heutigen Stand der Technik aufgezeigt werden und nicht im Vergleich zu eingeführten Verbrennungsmotor-Autos eine mögliche abschreckende und ernüchternde Wirkung erzielt werden. Hierzu wurde im Teilprojekt Flottenmanagement eine heterogene Flotte von in den Jahren 2009 und 2010 auf dem Markt angebotenen Elektroautos angeschafft, erprobt und mit geeigneten Einführungen bei Interessierten, meist Touristen, in Verkehr gebracht. Um die Fahrer von dem mit der eingeschränkten Reichweite der Fahrzeuge verbundenen Gefühl der Unsicherheit zu entlasten, wurden für jedes der Fahrzeuge in Kooperation mit den Partnern Soloplan und Abt die Entwicklung einer Fahrerassistenz, des Car-PC betrieben. Hierzu entwickelte die HKE mit den Partnern die Anbindung dieses Car-PC an den Datenbus jedes Autos der Flotte. Damit lassen sich die wesentlichen Batteriedaten erfassen, die zusammen mit den Ortsdaten über GPS eine zuverlässige Reichweitenbestimmung und eine verbrauchsoptimierte

Navigation erlauben. Physikalisch basierte Energiemodelle wurden ausgehend von umfangreichen Tests und Messungen der Fahrzeuge entwickelt, wobei insbesondere Höhenprofile und Beschleunigungsverhalten der Fahrer berücksichtigt wurden. Usability Studien stellten die Akzeptanz der Fahrerassistenz für die Altersstruktur der Allgäuer Touristen sicher. Umfangreiche Datenanalyse Software wurden entwickelt, um die Grundlagen für eine Analyse der Belastung, des Energieverbrauchs, der Bewegungsmuster und der Ladevorgänge von Elektroautos zu legen. Diese Untersuchungen, Entwicklungen und der Pilotbetrieb der Flotte dienen dazu, mögliche Geschäftsmodelle zu entwickeln und zu erproben. Um die Bewirtschaftung der teuersten Komponente des Autos, der Batterie zu ermöglichen wurden Belastungs- und Lebensdauermodelle der Batterien in Laborversuchen entwickelt und erprobt.

Navigation erlauben. Physikalisch basierte Energiemodelle wurden ausgehend von umfangreichen Tests und Messungen der Fahrzeuge entwickelt, wobei insbesondere Höhenprofile und Beschleunigungsverhalten der Fahrer berücksichtigt wurden. Usability Studien stellten die Akzeptanz der Fahrerassistenz für die Altersstruktur der Allgäuer Touristen sicher. Umfangreiche Datenanalyse Software wurden entwickelt, um die Grundlagen für eine Analyse der Belastung, des Energieverbrauchs, der Bewegungsmuster und der Ladevorgänge von Elektroautos zu legen. Diese Untersuchungen, Entwicklungen und der Pilotbetrieb der Flotte dienen dazu, mögliche Geschäftsmodelle zu entwickeln und zu erproben. Um die Bewirtschaftung der teuersten Komponente des Autos, der Batterie zu ermöglichen wurden Belastungs- und Lebensdauermodelle der Batterien in Laborversuchen entwickelt und erprobt.

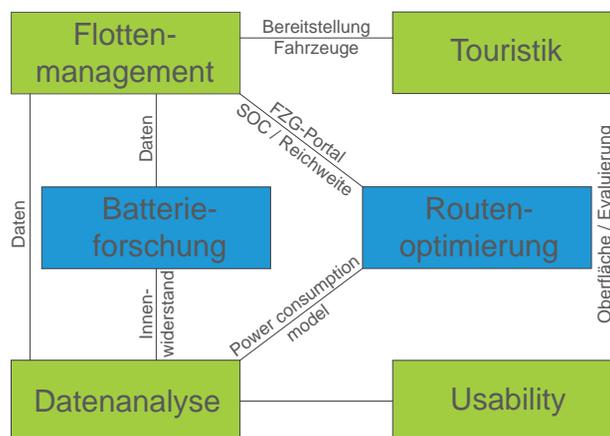


Abb. 3.1: Zusammenspiel der Teilprojekte

Im Teilprojekt Tourismus werden die vom Teilprojekt Flottenmanagement betriebenen Fahrzeuge den Hotels und Fremdenverkehrsämtern in Füssen/Hopfen am See, Oberstaufen, Oberstdorf und Bad Wörishofen zur Verfügung gestellt. Die Übergabe, Einweisung und Betreuung erfolgt durch das Flottenmanagement in Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt Tourismus.

Die Hotels wiederum vermieten die Fahrzeuge entsprechend ihrem Geschäftsmodell an ihre Gäste. Dies kann stundenweise erfolgen, für einen halben oder ganzen Tag oder auch eingebunden in ihre Pauschalen und Angebote.



Abb. 3.2: Vermietung

3.2. Aufbau und Betrieb einer Flotte von Elektrofahrzeugen

Fahrzeugbeschaffung

Die Beschaffung der Flotte war von großer Bedeutung für die Realisierung des Vorhabens. Einerseits fehlten Serienfahrzeuge insbesondere der bekannten Hersteller. Andererseits stellten die Projektziele einige Grundbedingungen an die Flotte. So mussten vor allem Fahrzeuge beschafft werden, die den Anforderungen der Nutzer entsprachen. Weiterhin sollte die Flotte heterogen beschaffen sein, um die Suche nach aussichtsreichen Geschäftsmodellen möglichst breit anzugehen. Darüber hinaus wurden auch technische Voraussetzungen, z.B. die nach modernen Li-Ion-Batteriesystemen, nach geheizter Passagierzelle, nach Schnellladefähigkeit und Auslesefähigkeit des Batteriedatenmanagements, sowie eine Einpassung in das touristische Einsatzkonzept gefordert. Nicht alle Anbieter erschienen seriös, einige traten während der Verhandlungen von ihren Verkaufsabsichten zurück. Die Qualität der angebotenen Fahrzeuge war nicht bekannt, da es weder Testberichte noch Erfahrungen anderer Nutzer gab. Daher bestand ein beträchtliches Risiko in der Beschaffung einer funktionsfähigen Flotte.

Trotz vielfältiger Hindernisse wurden 90% der Fahrzeuge bis 1.8.2010 ausgeliefert. Insgesamt wurden von der Hochschule Kempten 31 Fahrzeuge beschafft. Weitere elf Fahrzeuge des Partners Move About GmbH wurden vereinbarungsgemäß bis zum Beginn des Feldversuchs in die Flotte eingebracht.

Aufbau der Flotteninfrastruktur

Die Fahrzeuge wurden regelmäßig auf einer Referenzstrecke rund um Kempten erprobt. Diese enthielt auf einer Länge von 47,3 km unterschiedliche Straßen- und Beanspruchungsprofile, etwa 20% Autobahn, 20% Stadtverkehr, 20% Kreisstraßen und 40% Bundesstraßen sowie einen Höhenunterschied von 350 Höhenmeter mit Steigungen bis 17% und Gefällen bis 10%.

Nach einer zweistufigen Erprobung der Fahrzeuge durch Projektmitarbeiter und dann Angehörige der Hochschule erfolgte die Übergabe (Rollout) der Fahrzeuge an die ausgewählten Hotelpartner (Hubs) ab 1.8.2010. Dazu wurden Einführungsunterlagen erstellt, mit denen das Hotelpersonal und die Nutzer geschult wurden. Die Einweisung in die Bedienung von Elektrofahrzeugen ist wegen der Abweichungen von bekannten Benutzungsmustern und recht unterschiedlichen und erklärungsbedürftigen Bedienelementen wesentlich umfangreicher als bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren. Die verschiedenen Fahrzeugtypen bieten ganz unterschiedliche technische Lösungen für den Bedienungsablauf an.

Pannenhilfe

In der Hauptverkehrszeit, an Wochentagen von 8:00 bis 20:00, standen den Fahrern Projektmitarbeiter der HKE über eine Hotline zur Verfügung. Ein Angebot, das oft genutzt wurde, um Hilfe bei Bedienungsfehlern und drängenden Fragen, Störungen und technischen Problemen noch vor Ort telefonisch zu erhalten und dabei mobil zu bleiben. Mit dem öffentlichen Einsatz der Fahrzeuge im Tourismus konnte der ADAC vertraglich eingebunden werden, um „Liegenbleiber“ zu den Standorten zurückzubringen. Dafür legte der ADAC eine separate Notrufnummer für Elektrofahrzeuge an, über die Hilfe 24 Stunden am Tag und 7 Tage die Woche koordiniert werden konnten.

Für den Unterhalt der Flotte (Versicherung, Verbrauchsmaterialien, Reparaturen, Transporte) wurden über 5% des Flottenwertes verbraucht. Dies trägt unter anderem ganz ungewohnten Auffassungen der Lieferanten zu ihren Gewährleistungsverpflichtungen Rechnung, die deutlich von den Kundenerwartungen beim Erwerb eines Fahrzeugs abweichen.

Flottenmanagement

Zu Projektbeginn wurde auf dem Server der HKE eine Datenbank erstellt, das Fahrzeugportal. Dieses erlaubte während der Betriebsphase eine einfache und zuverlässige Verfolgung der Ereignisse und dient bei der Auswertung der Ergebnisse als Datenbasis. In der Darstellung „Nutzungsplan“ wurden Reservierungen vorgenommen. Nutzer, Nutzungsart und Belegungszeitraum wurden hier verwaltet, solange sich ein Fahrzeug am Standort Hochschule befand. Ausfallzeiten wegen Reparaturen wurden erfasst. Im Logbuch sind für jedes Fahrzeug getrennt bemerkenswerte Einzelereignisse, wie Auslieferung zum Nutzungsort, Wartungsmaßnahmen oder Defekte dokumentiert. Hieraus lassen sich u.a. die Ausfallzeiten ableiten.

Um die Fahrzeuge vor allem während der touristischen Nutzung zu überwachen, wurde im Laufe des Projekts von Soloplan ein Webportal für die teilnehmenden Hoteliers eingerichtet. Dort sind Nutzerkonten angelegt und Reservierungen bzw. Buchungen für die Fahrzeuge eingetragen und verwaltet, sowie die Mietverträge hinterlegt. Außerdem wurde im Webportal eine Karte dargestellt, die Standort und Ladezustand der Fahrzeuge im Projekt zeigt. Aus Datenschutzgründen konnte der Benutzer nur die Fahrzeuge sehen, auf die der Zugriff freigeschaltet wurde. Die entwickelte Dokumentation ermöglichte eine lückenlose Nachvollziehbarkeit des „Fahrzeuglebens“.

Erkenntnisse zum Flottenmanagement beziehen sich auf die untersuchte Flotte und auf häufig wechselnde Nutzer. Bei Abschluss dieses Berichts zeichnen sich einige Merkmale ab, die noch abgesichert werden müssen:

- Eine IKT Datenübermittlung mit Identifikation, Positionsangabe und Batterieladezustand ist für das Management wesentlich.
- Die IKT Datenübermittlung eignet sich auch hervorragend für die Übertragung von Messdaten und -ergebnissen aus Feldversuchen.
- Die Wartung und Instandhaltung der Fahrzeuge hat sich als grundsätzlich aufwändig erwiesen, nicht nur wegen der vielen Mängel, sondern auch wegen fehlender Kundendienststrukturen. Die Lieferanten und deren Beauftragte operieren in teilweise beträchtlichen Entfernungen.
- Die Betreuungshotline stellt einen wesentlichen Beitrag zur Akzeptanz der Elektrofahrzeuge dar.
- Das eE-Tour Allgäu Personal hat sich während der Projektlaufzeit alle Zusatzqualifikationen erworben, um die Elektrofahrzeuge auch vor Ort in Stand zu setzen.

Die Bewertung der Fahrzeuge erfolgte nach den folgenden Kriterien:

- Konstruktive Besonderheiten der Antriebsstränge und Batteriesysteme
- Gängige und besondere Konzeptfehler der Elektrofahrzeuge
- Antriebsstränge und Batteriesysteme inkl. Bord-Ladesysteme
- Wichtige Fahrzeugkomponenten wie Bremsen, mit und ohne Rekuperatoreinsatz, sowie Reifen
- Fahrverhalten und die von verschiedenen Faktoren abhängigen Verbrauchseigenschaften
- Zuverlässigkeit und Qualität der Fahrzeuge
- Funktionen der Batteriemanagementsysteme (BMS)



Allgemein wurden die Elektrofahrzeuge wie folgt bewertet:

- Der Gesamtwirkungsgrad erprobter Fahrzeuge ist unterdurchschnittlich. Dies wird im Projekt näher untersucht.
- Das Fahrverhalten der zum Elektrofahrzeug umgebauten Serienfahrzeuge (z.B. Fiat 500) verschlechtert sich im Vergleich zum Basisfahrzeug. Grund für diese Verschlechterung sind insbesondere die Veränderung der Gewichtsverhältnisse und die Verlagerung des Schwerpunktes durch die Um- und Einbauten (z.B. Batterie).
- Fahrzeugkomponenten des ursprünglichen Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor vor dem Umbau sind nicht immer für den Einsatz in Elektrofahrzeugen geeignet. Beispiele hierfür sind Schaltgetriebe mit klassischen Trennkupplungen und Überlastungsbrüche im Antriebsstrang des Luis 4U.
- Die beim Fahrzeugumbau erfolgte Adaptierung der Datenbuszweige (z.B. für Batteriemangement) an die Original-Datenbusse ist problematisch, da hier seitens der Umbauer Fehler hingenommen wurden, die bei einer Zusatzverwendung der Datenbusse problematisch und in Richtung einer Erschwerung der Datenauslesung wirken.

Durch den Einsatz während der Winterzeit konnten die Bedienbarkeit, das Fahrverhalten sowie das Lademanagement bei Kälte, Eis und Schnee beurteilt werden:

- Die Li-Ion Batterien sollten unter 0°C nicht beladen werden, da sich dann die Li-Ionen beim Laden nicht in die Kristallstruktur einlagern sondern auf der Anodenoberfläche. Dies entspricht in etwa einer vorgezogenen Alterung. Viele der aktuellen Li-Ion-Systeme haben keine Batterieheizung, daher sollten sie im Winter bei Stillstand an der Steckdose bleiben. Durch das Standby-Laden entsteht immer wieder Abwärme, die die Zellen wärmt. Bei einigen Fahrzeugen wird die Energie zur Steuerung und Heizung der Traktionsbatterie aus der 12 V Batterie gezogen. Diese neigt daher besonders bei Frost zur Tiefentladung. Im kalten Winter 2010/2011 kam es dadurch zu einigen Batterieschäden.

- Das Fahrverhalten auf winterlichen Straßen ist sehr unterschiedlich. Die Fahrzeuge haben keine Traktionskontrolle und kein Anti-Schleudersystem. Beim Anfahren zieht der Elektromotor mit einem hohen Antriebsmoment. Die zwei und drei-rädrigen Fahrzeuge (Roller und SAM) wurden im Winter nicht betrieben. Der SAM eignet sich grundsätzlich nicht für das Fahren auf schneebedeckten Straßen, da er in von vierrädrigen Fahrzeugen gespurten Schneedecken mit seinem Antriebsrad keine Spur findet.
- Einige Fahrzeugmodelle haben eine elektrische Heizung des Fahrgastraumes. Diese, sowie andere elektrische Verbraucher (heizbare Heckscheibe, Licht und Scheibenwischer) vermindern durch zusätzlichen Energieverbrauch die Reichweite. Andere Fahrzeugmodelle verfügen über eine benzingetriebene Standheizung.

Die Fahrzeuge wurden von den Nutzern im Winter nur wenig nachgefragt, was vermutlich auf einem Komfortbedürfnis beruht.

Car-PC und Messtechnik

Zur Untersuchung der Nutzung der Elektroautos, Ihrer Batterie-Belastungen, des Energieverbrauchs und der Ladevorgänge, aber auch zur Unterstützung der Fahrer durch eine zuverlässige Reichweitenangabe und der Möglichkeit eines energie-optimierten Routings sind in den eE-Tour Allgäu Fahrzeugen Fahrerassistenzsysteme, sog. Car-PCs verbaut. Die Anbindung dieser Car-PCs an die Bussysteme der verschiedenen Fahrzeuge war mit erheblichen Aufwand verbunden, da für jedes Fahrzeug eine eigene Lösung oder zumindest ein eigener Treiber zu entwickeln war. Die globalen Größen Batteriespannung, Stromstärke sowie Temperatur von Batterie und Umgebung werden neben den GPS-Ortsdaten für jedes Fahrzeug erfasst. Diese Daten werden einerseits für eine zuverlässige Reichweitenberechnung verwendet und andererseits für ein energie-optimiertes Routing. Außerdem werden alle Daten für eine Analyse der Nutzung und Belastung der Elektroautos in die Mobilitätszentrale übertragen, wo sie von den einzelnen Forschungsstellen abgerufen werden können. Es wurden Methoden entwickelt, die auch für zukünftige For-

schungs- und Entwicklungs-Aufgaben bei der Entwicklung neuer Geräte und Verfahren herangezogen werden können. Diese haben die Fachkompetenz der Hochschule Kempten im Bereich von Fahrerassistenzsystemen für Elektromobilität gestärkt, zu nennen sind hierbei insbesondere:

- Detaillierte Kenntnisse über Beschaffenheit und Funktion der Bussysteme, Busschnittstellen und Auslesen von Daten aus dem Fahrzeugmanagement inkl. der Treibertechnologie
- Systeme zur Erfassung, Verarbeitung und Übertragung von Messgrößen zur Reichweitenberechnung und zum Routing von Elektrofahrzeugen
- Online-Datenaufzeichnung und Fahrerassistenz
- Online-Flottenmanagement und Buchungssysteme
- Fern-Übertragung von Messwerten und anderen Daten über terrestrische Mobilfunknetze
- Software zur Analyse der Belastung und Nutzung von Elektrofahrzeugen

Die Lösungen mussten in empirischer Methodik vorauseilend entwickelt werden, da benötigter Input aus anderen Teilprojekten bei Lieferung der Fahrzeuge noch nicht zu erwarten war, aber die kurze Projektlaufzeit eine parallele Entwicklung von Methoden für die Felduntersuchungen als ratsam erscheinen ließ. Durch personellen und sachlichen Mehraufwand konnten Verfahren entwickelt werden, die zur Ermittlung wichtiger Ergebnisse maßgeblich beigetragen haben und damit das Erreichen der Projektziele bewirkten. Außerdem wurden Geräte und Verfahren im Hinblick auf ihre Eignung für die verschiedenen Einsatzzwecke untersucht.

Neben der Messtechnik wurden auch die einzelnen Komponenten der Sendetechnik beschafft und (Antenne, SIM-Karten) in die Fahrzeuge eingebaut. Das Maptrip Kartenmaterial wurde zeitgleich installiert. Nach einer Testphase zur Stabilisierung des Systems, in der in die Mobilitätszentrale gesendete Daten auf Plausibilität geprüft wurden, liegen jetzt regelmäßig die Daten der eingeloggten Fahrzeuge am Server zum Abruf bereit. Die Car-PCs werden jetzt den Nutzern mit allen Funktionen zur Verfügung ge-

stellt. Diese beinhalten ein Notrufsystem über Mobilfunk und ein komplettes Navigationssystem inklusive einer Reichweitenkarte mit Routenvorschlägen und Points of Interests. Zudem werden Radiodienste, eine Anleitung für das genutzte Fahrzeug und Informationen über das Projekt angeboten.

Datenerfassung und -übermittlung werden in der aktuellen Sommerphase laufend genutzt, um die Datenbasis für die wissenschaftlichen Untersuchungen zu verbreitern.

Für die Fahrzeuge der Flotte wurden mehrere unterschiedliche Lösungen entwickelt, die im folgenden dargestellt werden. Die gesammelten Datenpakete werden über eine GPRS-Verbindung an die Mobilitätszentrale versendet. Von dort aus können berechnete Partner die Messdaten erhalten.

Datenerfassung und -übermittlung

Lösung 1: Aus dem Fahrzeugbus werden die Spannung der Traktionsbatterie, ihr Lade- und Speisestrom und der Ladestand (SOC) ausgelesen. Grundsätzlich liegen weitere Werte wie Temperaturen und Spannungen auf Zellebene u.a.m. an einer RS232-Schnittstelle bereit. Diese Daten werden im Car-PC mit den GPS-Daten zusammengeführt.

Lösung 2: Ausgewählte Daten werden direkt aus dem CAN-Bus des Fahrzeugs ausgelesen. Dies setzt die Kenntnis der Bus-Struktur und des CAN-Protokolls voraus.

Lösung 3: Aus dem Fahrzeug werden analoge Werte gemessen. Diese werden in einem Analog-/CAN-Wandler auf einen CAN-Bus gelegt, der mit dem Car-PC verbunden wird.

Die Car-PCs senden über GPRS-Funk die Messdaten an die Mobilitätszentrale. Sämtliche Messdaten werden dabei zur eindeutigen Identifikation mit einem Zeitstempel versehen. Aktuell werden folgende Daten übertragen: Strom/Spannungsverlauf, Ladezustand, Temperatur und GPS.

Die Hochschule Kempten kann über das eigens entwickelte data acquisition +

evaluation tool (DAET) die dort liegenden Daten auslesen. Nach einer Bewertung der Datensätze erfolgt eine Datenablage mit -sicherung. Jede Datei beinhaltet die Daten eines Autos für einen Tag.

Auswertungen und Analysen

Die an den Fahrzeugen aufgetretenen Defekte wurden in Bedienfehler, Softwarefehler und mechanische Defekte kategorisiert. Als Indikator wurde für jede Fahrzeuggruppe die Anzahl der angefallenen Defekte auf je 1000 Kilometer Fahrleistung umgerechnet. Abgesehen davon, dass bei geringen Laufzeiten (z.B. Stromos, Roller) der Indikator stark auf Streuungen reagiert, kann er auch keine Auskunft darüber geben, wie lange ein Fahrzeug fehlerbedingt für die Forschungsarbeit ausfiel oder welche Kosten in Rechnung gestellt wurden. Daher werden auch die Stillstandzeiten durch reparaturbedingte Ausfälle relativ zur gesamten Einsatzzeit im Projekt angegeben.

Fahrzeug	Anzahl	gef. km	Defekte	Bedienfehler	Softwarefehler	Mechan. Defekte	Fehler/1000km	Ausfallzeit in %
Sam EVII	6	31.700	72	4	15	52	2,2	k.A.*
Think City	4	30.500	11	2	2	7	0,4	16,6
Luis 4U	1	5.500	18	1	3	14	3,3	k.A.**
Fiat Karabag	4	20.500	37	4	24	9	1,8	28
Fiat Elektra	3	6.500	11	0	3	8	1,7	8,6
Stromos	2	8.000	17	6	8	3	2,1	11,5
Citysax	2	6.000	2	0	1	1	0,3	17,7
I-MIEV	3	7.000	2	0	1	1	0,3	0
Summe	25	115.700	170	14	57	99	1,5	

Abb. 3.3: Fehleranalyse
 * kein Einsatz in der Winterzeit
 ** wegen Antriebsstrang-Problematik aus dem Projekt genommen

Ausgewählte Datensätze wurden für die Batterieforschung, für touristische Auswertungen und zur Entwicklung und Verifikation des Energiemodells herangezogen. Durch die Möglichkeit der Übertragung der verschiedensten im Fahrzeug aufgenommenen Messwerte stand für das Flottenmanagement ein nützliches Werkzeug zur Verfügung, mithilfe dessen auch Analysen für die Entwicklung der Fahrzeuge durchgeführt werden konnten.

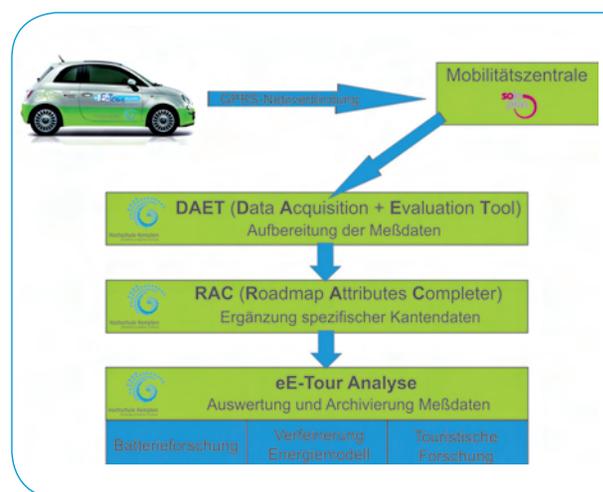


Abb. 3.4: Auswertungsprozess

3.3. Energiemodell zur Verbrauchsbestimmung anhand des Kartenmaterials

Die Akzeptanz der aktuellen und zukünftigen Elektrofahrzeuge wird wesentlich durch die eingeschränkte Reichweite der Fahrzeuge bestimmt. Nutzungsanalysen sowohl in Städten, in ländlichen Gebieten wie auch in der Touristischen Nutzung zeigen auf, dass bereits die heutigen

Elektroautos mit ihren eingeschränkten Reichweiten ca. 80 bis z.T. 90% der Mobilitätsbedürfnisse erfüllen können. Bei einer eingeschränkten Reichweite der Elektrofahrzeuge in der Größenordnung 100 km fühlt sich der Fahrer ähnlich wie beim Fahren eines Verbrennungsmotors bei der Tankanzeige „Reserve“ und steuert umgehend eine Tankstelle an. Hier erfährt der Fahrer ein grundlegendes Gefühl der Unsicherheit. Größere Batterien sind wegen der Kosten und des Gewichts in den nächsten Jahren kaum zu erwarten. In e-Tour Allgäu verfolgt die HKE daher einen IKT-basierten Lösungsansatz mit einer zuverlässigen Reichweitenanzeige. Hierzu wurde durch die Hochschule ein physikalisch begründetes Energiemodell des fahrenden Autos unter Einbeziehung des Höhenprofils der Strecken und des Beschleunigungs-

verhaltens der Fahrer entwickelt. Durch Einbeziehung dieser Informationen in das für die Navigation genutzte Kartenmaterial ließ sich so eine energetische Optimierung der Routenführung und eine zuverlässige Reichweite unter Berücksichtigung aller topografischen und straßenspezifischen Einflussgrößen realisieren. Um eine solche Vorausberechnung zu ermöglichen, mussten zunächst alle physikalischen Bedingungen exakt ermittelt und in einem Energiemodell dargestellt werden. Anschließend wurde das Verhalten des Fahrers bzw. des Fahrzeugs auf jedem noch so kleinen Straßenabschnitt vorhergesagt. Das folgende Kapitel soll dem Leser die Abläufe näher bringen, die hinter der im Projekt eE-Tour Allgäu verwendeten Energieberechnung stehen.

Abbildung der physikalischen Randbedingungen

Um ein Fahrzeug von einem Punkt A zu einem Punkt B zu bewegen, muss im ersten Schritt rein mechanische Leistung erbracht werden, um die Summe aller Fahrwiderstände zu überwinden. Abbildung 3.5 stellt diesen Zusammenhang dar.

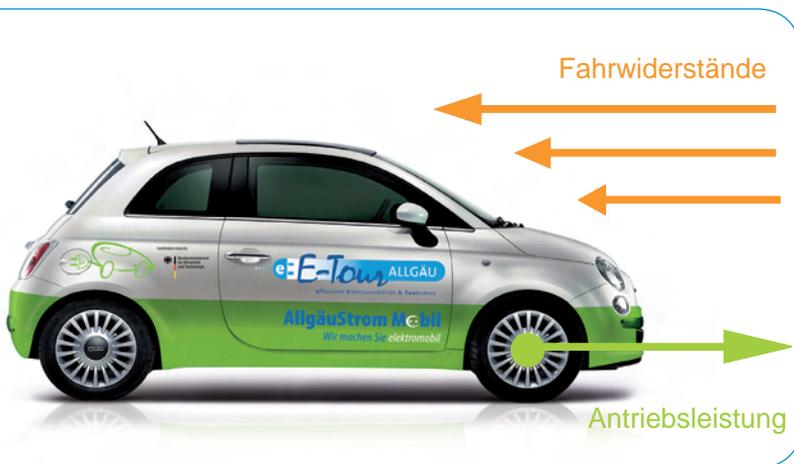


Abb. 3.5: Antriebsleistung

Hierbei unterscheiden sich Elektrofahrzeuge noch nicht von jeder weiteren Antriebsart. Die Leistung, welche in unserem Fall der Elektromotor liefert, setzt sich aus den folgenden Einzelfahrwiderständen multipliziert mit der Geschwindigkeit zusammen:

Einzelfahrwiderstände

Luftwiderstand: Der Bewegung eines Körpers entgegenwirkender Druck, der von der umgebenden Luft ausgeübt wird.

Rollwiderstand: Widerstand, der bei der Bewegung zweier sich berührender Körper auftritt.

Beschleunigungswiderstand: Aus der Trägheit eines Körpers resultierende Kraft, welche der Beschleunigung dieser Masse entgegen wirkt.

Steigungswiderstand: Widerstand, resultierend aus der Hangabtriebskraft abhängig vom Neigungswinkel.

Bei den weiteren Schritten muss nun die Besonderheit des elektrischen Antriebs berücksichtigt werden, da er anders als der Verbrennungsmotor in allen vier Quadranten genutzt werden

kann. Erst dadurch ist es möglich Energie in den Akku zurück zu speisen, hierbei spricht man von Rekuperation. Während Roll- und Luftwiderstand immer positiv sind, d.h. Energie aufgewendet werden muss, können Beschleunigungs- und Steigungswiderstand beim Bremsen und im Gefälle negative Werte annehmen und somit Energie „erzeugen“. Um an den Rädern die nötige mechanische Leistung für den Vortrieb zu erzeugen, muss die elektrische Energie aus dem Akku über viele Komponenten bis zum Motor transportiert werden. Hierbei wird ein Teil der Energie in Wärme umgewandelt und ist somit für den Vortrieb nicht nutzbar. Die energetischen Verluste müssen im Modell berücksichtigt werden da sie die Reichweite deutlich beeinflussen. Dieser Wirkungsgrad ist relativ komplex und musste für jedes Fahrzeug, abhängig von Rekuperation, Geschwindigkeit und Leistung, am Rollenprüfstand ermittelt werden. Mehr dazu in Kapitel „Ermittlung der fahrzeugspezifischen Kenngrößen“.

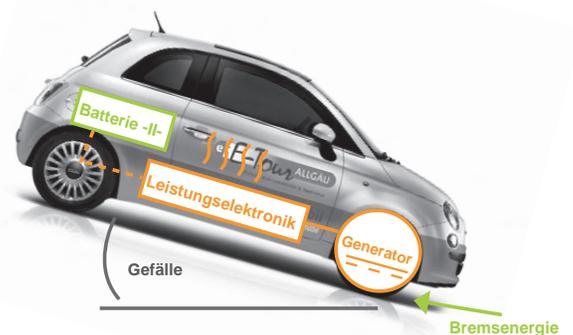


Abb. 3.6: Wärmeverluste Rekuperation

Die letzte wichtige Komponente im Energiemodell ist der Innenwiderstand der Batterie. Abhängig von der verwendeten Chemie (Li-Fe, Li-Ion usw.) und der Kapazität der Batterie muss ein dreidimensionales Kennfeld hinterlegt werden.

Innenwiderstand

Die Größe des Innenwiderstandes einer Batterie bestimmt maßgeblich die Leistungsfähigkeit und den Wirkungsgrad einer Batterie.

Der Innenwiderstand erhöht sich mit zunehmender Alterung der Batterie – und damit verringert sich ihr nutzbarer Energieinhalt. Bei Kälte erhöht sich der Widerstand zusätzlich.

In diesem Kennfeld wiederum kann anhand von Alter und Ladezustand der Batterie, der zur Berechnung benötigte Innenwiderstand ermittelt werden. Die Verluste in Form von Wärme innerhalb der Batterie sind direkt proportional zum Innenwiderstand und steigen quadratisch mit der Leistung. Daher sind Straßenabschnitte auf denen hohe Leistungen bereit gestellt werden müssen, wie z.B. Passstraßen oder Autobahnen von diesen Verlusten stärker betroffen. Messungen an unserer Fahrzeugflotte innerhalb der ersten 10.000 km haben ergeben, dass die Verluste am Innenwiderstand durchschnittlich 5-6 % der zur Verfügung stehenden Energie betragen. Dieser Wert wird sich mit dem zyklischen und kalendarischen Alter des Speichermediums erhöhen. Weitere Informationen zu diesem Thema finden Sie in Kapitel 3.4 „Alterung von Lithium-Ionen Batterien“.

Ermittlung der fahrzeugspezifischen Kenngrößen

Nachdem das Grundgerüst des Energiemodells durch die Abbildung der Physik in Form einer Formel entwickelt wurde, müssen nun alle verwendeten Variablen mit Werten gefüllt werden. Hier gibt es zwei grundlegend verschiedene Arten von Werten. Die „fahrzeugspezifischen“ Werte, welche das Fahrzeug selbst durch eine Anzahl an Parametern beschreiben, und die „fahrtspezifischen“ Werte. Diese Werte stellen die Fahrt anhand von Geschwindigkeit, Beschleunigung und Höhenangaben dar. Für jedes Fahrzeug mussten folgende Daten ermittelt und auf dem Car-PC hinterlegt werden:

Nominalspannung, maximale Leistung, Luftwiderstandsbeiwert c_w , projizierte Fläche, Leergewicht, Gesamtwirkungsgrad mechanisch/elektrisch, Bruttokapazität der Batterie, Innenwiderstand (Kennfeld).



Abb. 3.7: Einflussparameter

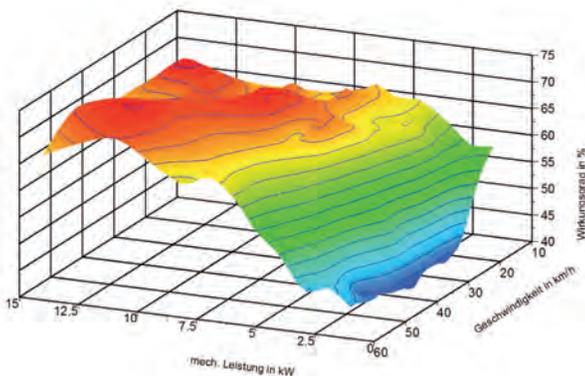


Abb. 3.8: Wirkungsgradkennfeld

Abbildung 3.8 zeigt beispielhaft für einen SAM das auf dem Rollenleistungsprüfstand ermittelte Wirkungsgradkennfeld. Hier ist deutlich zu erkennen, dass sich außerhalb des Nennleistungsbereichs der Wirkungsgrad stark verschlechtert.

Validierung des Modells anhand von Flottenmessdaten

Die bis hier getroffenen Annahmen bezüglich der Formel des Energiemodells und einem Teil der fahrzeugspezifischen Daten sind rein theoretisch und müssen nun anhand von real gemessenen Daten validiert werden. Hierfür wurde eine Teststrecke

im Allgäu definiert die sowohl die wichtigsten Straßentypen von Autobahn bis kleine Überlandstraßen als auch große Steigungen und Gefälle enthält.

Auf dieser Strecke wurden eine Vielzahl von Messfahrten durchgeführt, bei denen sowohl GPS-Daten wie Längengrad, Breitengrad, Geschwindigkeit und Höhendaten, als auch Fahrzeugdaten wie Strom und Spannung mit einer Samplerate von 1Hz aufgezeichnet wurden. Anhand der gemessenen Geschwindigkeit, der durch Ableitung der Geschwindigkeit erhaltenen Beschleunigung und der Höhendaten, konnten über die bereits ermittelten Fahrzeugparameter und das Energiemodell der theoretische Energieverbrauch für jeden Messpunkt ermittelt werden. Durch die gemessenen Werte von Strom und Spannung kann die in der Realität benötigte Leistung für jeden dieser Messpunkte berechnet und mit den theoretischen Werten verglichen werden. Abbildung 3.9 zeigt einen Vergleich zwischen der theoretischen sowie der realen Leistung.

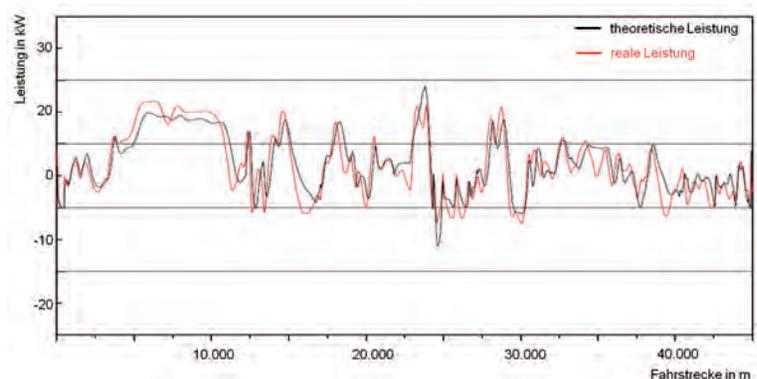


Abb. 3.9: Leistung

Um die Werte über die komplette Messstrecke qualitativ vergleichen zu können, wurden die Messwerte für diese Darstellung stark geglättet. Folgende Abbildung 3.10 zeigt den durch Integration der beiden vorhergegangenen Leistungskurven ermittelten Energieverbrauch in kWh.

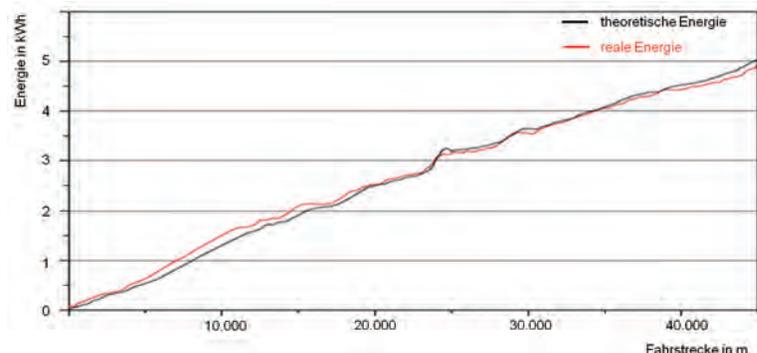


Abb. 3.10 : Energieverbrauch

Erweiterung der Kartenattribute um fehlende Größen

Im vorhergehenden Kapitel wurde anhand von gemessenen GPS-Daten die Leistung und somit der Energieverbrauch berechnet. Ziel jedoch war es, vor Fahrtbeginn den Energieverbrauch ohne GPS-Daten, sondern lediglich anhand von Kartendaten zu

berechnen. Im vorliegenden Kartenmaterial von Teleatlas waren die Straßendaten in Form von Kanten und Knoten hinterlegt (siehe Infobox). Für jede Kante sind neben einer Vielzahl an weiteren Attributen, die relevante „calculated speed“, eine von Teleatlas berechnete anzunehmende Geschwindigkeit und die Länge jeder Kante hinterlegt. Jedoch fehlen die zur Energieberechnung zwingend notwendige Beschleunigung und die Höhe über Null. Diese Daten mussten somit über weitere externe Quellen bestimmt werden. Die Arbeitsgruppe Geoinformatik der Universität Tübingen hat bezüglich der Genauigkeit von Höhendaten mehrere Quellen miteinander verglichen. Bezogen auf Genauigkeit und Kosten für diese Daten wurde sich für die frei verfügbaren SRTM Höhendaten entschieden, die anhand von Radar erfasst wurden. Jeder Kante wird somit eine Höhendifferenz zwischen Anfang und Endpunkt zugewiesen. Schwieriger verhält es sich mit den Beschleunigungswerten, da diese bedeutend vom Fahrer, den Straßenbedingungen, der Geschwindigkeit und dem Verkehrsaufkommen abhängen. Daher wurde ein System entwickelt, mit dem anhand von vorhandenen Kantenattributen die zugehörige Beschleunigung abgeschätzt werden konnte. Im Kartenmaterial werden Straßentypen wie Autobahn, Bundesstraße etc. anhand des Wertes „street Type“ klassifiziert. Eine Straße mit dem Wert „0“ entspricht einer Autobahn, der Wert „10“ einem Feldweg. Anhand der Daten, die über alle Fahrten der Flottenfahrzeuge im Vergleich aufgezeichnet wurden, kann nun über die Zuordnung jedes Messpunktes zu einer Kante eine von der Hochschule Kempten entwickelte Beschleunigungsmatrix mit Werten gefüllt werden.

Kanten & Knoten

Abzweigungen und Kreuzungen sind im Kartenmaterial als Knoten hinterlegt. Die darauf folgenden Straßenabschnitte sind als Kanten dargestellt. Jede Kante besitzt eine Vielzahl von Attributen wie z.B. Geschwindigkeit, Länge, usw. Höhendaten sind in unserem Fall nicht enthalten.

vorhandenen Kantenattributen die zugehörige Beschleunigung abgeschätzt werden konnte. Im Kartenmaterial werden Straßentypen wie Autobahn, Bundesstraße etc. anhand des Wertes „street Type“ klassifiziert. Eine Straße mit dem Wert „0“ entspricht einer Autobahn, der Wert „10“ einem Feldweg. Anhand der Daten, die über alle Fahrten der Flottenfahrzeuge im Vergleich aufgezeichnet wurden, kann nun über die Zuordnung jedes Messpunktes zu einer Kante eine von der Hochschule Kempten entwickelte Beschleunigungsmatrix mit Werten gefüllt werden.

gering, da sie die durchschnittliche positive Beschleunigung auf der kompletten Kante widerspiegeln und somit auch Fahrtabschnitte mit Beschleunigung gleich Null in die Auswertung mit eingehen.

Einstufung des Fahrers bezüglich getroffener Annahmen

Wie bereits im vorhergehenden Abschnitt beschrieben, kann die Vorausberechnung des Energieverbrauchs und die daraus resultierende Reichweite nur für einen durchschnittlichen Fahrer berechnet werden. Der Fahrer muss daher nach Antritt der Fahrt regelmäßig auf seinen Fahrstil überprüft und die angenommenen Werte für die weitere Berechnung gegebenenfalls angepasst werden. Einfluss auf den Energieverbrauch hat der Fahrer mit folgenden Parametern:

Beschleunigung

„vorausschauender Fahrer“ ⇒ beschleunigt weniger
 „aggressiver Fahrer“ ⇒ beschleunigt mehr

Geschwindigkeit

„Schleicher“ ⇒ niedrigere Geschwindigkeit
 „Raser“ ⇒ höhere Geschwindigkeit

Im Energiemodell sind für diese beiden Attribute, Korrekturfaktoren hinterlegt. Ab Beginn der Fahrt werden für jeden Messpunkt diese Faktoren ermittelt. Wird ein Schwellwert für die über die Fahrtdauer gemittelten Faktoren erreicht, so wird eine Neuberechnung der Reichweite anhand der aktuellen Werte durchgeführt. Abbildung 3.12 stellt den Einfluss des Fahrers bezogen auf die Reichweite beispielhaft dar. Dabei zeigt der rote Bereich die Reichweiten-Reduktion durch einen „Raser“ und der grüne Bereich die Reichweiten-Zunahme durch den „sparsamen Fahrer“.



Abb. 3.12: Reichweitenkarte

GPS Daten

Lat	Lon	Height	v	a	calc Speed	street Type	length
47,6859025	10,2147689	720,4	1	0,01	60	3	52
47,6859658	10,2148105	720,4	4	0,3	60	3	52
47,6859952	10,2148521	720,4	7	0,3	60	3	52
47,6860152	10,2148937	720,4	10	0,3	60	3	52
47,6860415	10,2149353	720,4	13	2,2	60	3	52
47,6860662	10,2149769	720,4	19	1,2	60	3	52
47,6860909	10,2150185	720,2	19	0	75	1	64

Beschleunigungsmatrix

street Type	Typ0	Typ1	Typ2	Typ3	Typ4	Typ5	Typ6	Typ7	Typ8	Typ9	Typ10
calc Speed											
0-9											
10-19			0,279			0,400	0,440				
20-29		0,232	0,253	0,275	0,296	0,317	0,339	0,360			
30-39	0,236	0,226	0,227	0,227	0,227	0,227	0,227	0,227			
40-49	0,216	0,220	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202			

Abb. 3.11: Auszug Beschleunigungsmatrix

Diese Matrix füllt sich stetig mit der Anzahl der Messdaten und gibt die Beschleunigungen auf jeder möglichen Kante wieder. Über die Attribute „calc Speed“ und „street Type“ kann nun mit Hilfe der Matrix ein Wert für die durchschnittliche Beschleunigung ausgelesen werden. Die enthaltenen Werte für die Beschleunigung werden in m/s^2 hinterlegt und sind deswegen so

3.4 Alterung von Lithium-Ionen-Batterien

Für die Elektrofahrzeuge ist die teuerste Komponente des Fahrzeuges, die Batterie, von entscheidender Bedeutung. Die Alterung der Batterien, kalendarisch und zyklisch, bestimmt einerseits die zur Verfügung stehende Energie, also die Reichweite und andererseits die Bewirtschaftung in jeglichem Geschäftsmodell.

Die meisten Projektfahrzeuge fahren mit Lithium-Ionen-Batterien, daneben gibt es auch Fahrzeuge mit der so genannten Zebra-Batterie (Natrium-Nickelchlorid). Diese arbeitet bei über 200°C mit flüssigem Natriummetall. Da diese Batterie nur bei hohen Temperaturen arbeitet und deshalb warm gehalten werden muss, ist sie eher für Fahrzeuge geeignet, die sehr häufig in Betrieb sind, wie Taxis, Busse und Leihfahrzeuge.

Lithium-Batterien arbeiten dagegen am besten bei Temperaturen zwischen 20°C und 40°C.

Mit zunehmendem Alter und Benutzung verschlechtern sich bestimmte Eigenschaften einer Batterie. Eines der Projektziele ist, hierfür Anhaltspunkte zu bekommen und damit den Wert und die verbliebene Leistungsfähigkeit und Restlebensdauer einer gebrauchten Batterie und eines Gebrauchtfahrzeugs abzuschätzen.

Abnahme der Kapazität mit der Zahl der Zyklen

Die wichtigste Kenngröße zur Beurteilung des Elektrofahrzeugs bzw. der Batterie ist die Reichweite des Fahrzeugs. Diese hängt neben dem Zustand der Batterie vor allem vom Streckenprofil (Steigungen) und der Fahrweise ab. Der Energieverbrauch wird erhöht durch hohe Geschwindigkeit (Luftwiderstand) sowie durch häufige Beschleunigungs- und Bremsvorgänge.

Je höher die Stromstärke („Gaspedalstellung“) desto stärker sinkt die Spannung ab, denn ein Teil der Spannung wird dafür „verschwendet“ den Innenwiderstand, den die Batterie selbst hat, zu überwinden.

Ein größerer Druck aufs Gaspedal erhöht also den Energieverbrauch, zum einen

durch den Luftwiderstand, zum anderen durch Verluste in der Batterie selbst. Diese bewegen sich meist im Bereich von 2-15 %, je nach Belastung, Temperatur und Alter der Batterie.

Daher ist die Klemmen-Spannung zur Beurteilung der batteriebedingten Reichweite wenig geeignet.

Dagegen ist die Kapazität bei Li-Ion-Zellen weitgehend konstant und reproduzierbar, im Unterschied zu Bleibatterien. Sie hängt zwar auch von der Temperatur ab (siehe Kapitel „Kapazität als Funktion der Temperatur“) aber nur in geringem Maße von der Fahrweise.

Kapazität einer Batterie

entspricht der Größe des Tanks im Auto

Bei einer voll geladenen Batterie bestimmt man die elektrische Ladung, die entnommen werden kann – bei Beachtung der Spannungsgrenzen, die der Hersteller angibt. Beim Entladen muss ständig die Stromstärke gemessen und aufgezeichnet werden. Aus dem Integral der gemessenen Stromstärke während einer vollständigen Entladung der Batterie wird dann die entnommene Ladung berechnet (Integral der Stromstärke über die Zeit, physikalische Einheit: Ampere-sekunden (As) bzw. Amperestunden (Ah)). Diese Ladung wird in der Batterieforschung Kapazität genannt – nicht zu verwechseln mit der Kapazität eines Kondensators (Einheit: As/V). Sie kann im Labor durch vollständiges Laden und Entladen einfach bestimmt werden. Bei einem Fahrzeug ist dies insofern schwieriger, weil das Fahrzeug am Schluss „liegen bleibt“, das Versuchsende ist also am besten in unmittelbarer Nähe einer Lademöglichkeit durchzuführen, z.B. auf einem Rollenprüfstand.

Diese Untersuchungen der Li-Ion-Zellen wurden im Institut für angewandte Batterieforschung in einem Temperaturschrank durchgeführt. Je ein Block aus fünf, sowie aus neun Zellen, wurde dort abwechselnd geladen und entladen, 24

Stunden und sieben Tage die Woche. So kann die Alterung nach wesentlich kürzerer Zeit festgestellt werden als bei einem Fahrzeug, das nur zeitweise gefahren wird und meistens steht.

Zu Beginn der Versuchsreihe blieb die Kapazität des Batterieblocks nahezu konstant, mit zunehmender Versuchsdauer konnte aber eine deutliche Abnahme festgestellt werden, siehe Abbildung.

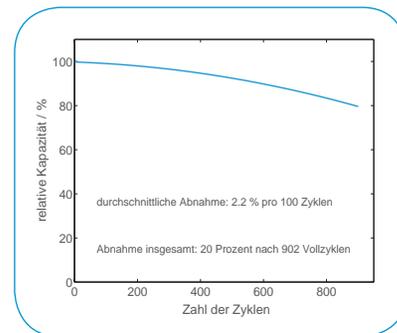


Abb. 3.13: Kapazität der Li-Ion-Batterie als Funktion der Zahl der Zyklen.

Ein Zyklus ist dabei eine vollständige Entladung sowie Wiederaufladung der Batterie. Üblicherweise wird die Lebensdauer einer Batterie als die Zeit bzw. die Zahl der Zyklen definiert, nach der die Kapazität um 20% abgenommen hat. Dieser Wert wurde bei den für die Versuche verwendeten Batterie-Zellen nach 900 Zyklen erreicht. Laut Herstellerangaben sollten ca. 1500 Zyklen möglich sein. Hierfür wurden allerdings Einzelzellen bei 25°C untersucht.

Bei unserer Versuchsanordnung wollten wir möglichst ähnliche Bedingungen wie im Elektrofahrzeug schaffen und untersuchten Stapel von mehreren Zellen, die sich beim Laden und Entladen gegenseitig und damit stärker erwärmen, während einzelne Zellen die Wärme leichter an die umgebende Luft abgeben können.

Somit ist die Temperatur der Zellen durchschnittlich ca. 10° höher, was die Alterung beschleunigt.

Kapazität als Funktion der Temperatur

Chemische Prozesse laufen bei höheren Temperaturen schneller ab, was auch die Funktion von Batterien begünstigen kann. Allerdings werden unerwünschte Prozesse ebenso beschleunigt, was die Lebensdauer vieler Komponenten deut-

lich verkürzen kann. Für den Betrieb der Batterie ist daher der „goldene Mittelweg“ meist empfehlenswert. Die Batterien wurden meist bei 25°C Kammertemperatur untersucht, es wurden aber auch immer wieder Zyklen bei höheren und tieferen Temperaturen gefahren. Bei zunehmender Temperatur nimmt die Kapazität der Batterie ein wenig zu – was aber mit einer schnelleren Alterung erkauft werden muss.

Bei tiefen Temperaturen nimmt die Kapazität hingegen sehr deutlich ab – siehe Abbildung 3.14. Dies stellt ein Problem für den Start an kalten Wintertagen dar. Hier kann eine optionale Batterieheizung sinnvoll sein. Wird die Batterie bei kalter Temperatur betrieben, d.h. entweder geladen oder entladen - das Fahrzeug fährt – so erwärmt sie sich sehr schnell von innen, denn der Innenwiderstand einer kalten Batterie ist zunächst noch sehr hoch. Damit die Kapazität im Labor bei niedriger Temperatur untersucht werden kann, wurde dieser Versuch bei sehr geringer Stromstärke durchgeführt, damit die Batterie über den gesamten Entladevorgang kalt bleibt.

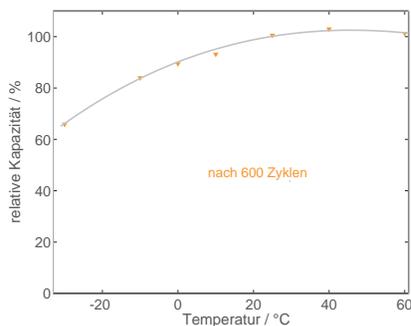


Abb. 3.14: Kapazität der Li-Ion-Batterie bei unterschiedlichen Temperaturen.

Zunahme des Innenwiderstands mit der Zahl der Zyklen

Neben der Kapazität ist auch der Innenwiderstand eine wichtige Kenngröße einer Batterie. Dieser ist zwar sehr klein, nimmt aber mit der Alterung der Zellen zu. In Abbildung 3.15 ist zu erkennen, dass der Innenwiderstand nach 600 Zyklen ungefähr 1,5 mal so hoch ist wie bei einer kaum genutzten Batterie.

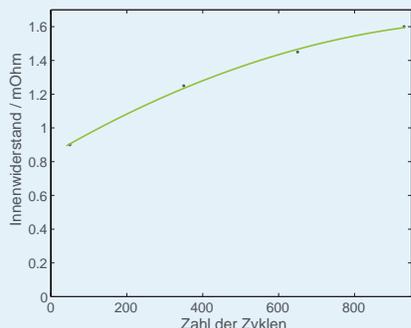


Abb. 3.15: Innenwiderstand der Li-Ion-Batterie bei unterschiedlicher Alterung durch Zyklen.

Dies kann zum einen verwendet werden, um z.B. bei einem gebrauchten Elektrofahrzeug die Alterung bzw. den Wert der Batterie abzuschätzen. Zum anderen erhöht der Innenwiderstand die Verluste, ein Teil der Energie wird nicht zum gewünschten Antrieb des Motors verwendet sondern geht in der Batterie selbst verloren und heizt diese dabei auf. Somit wird auch indirekt die Alterung der Batterie zusätzlich verstärkt. Der Effekt nimmt mit der Alterung der Batterie zu – und auch mit stärkerem Druck aufs Gaspedal – je schneller gefahren und beschleunigt wird – oder bergauf gefahren – desto mehr Energie geht in der Batterie am Innenwiderstand in Form von Wärme verloren.

Bestimmung des Ladezustands durch Amperecounting bzw. aus der Ladekennlinie.

Bei einem Benzintank lässt sich relativ einfach und genau bestimmen, welches Volumen der Tank selbst aufweist und wie viel Kraftstoff noch enthalten ist. Bei einer Batterie ist dies wesentlich schwieriger.

Ladezustand (SOC, State of Charge) entspricht dem Tankfüllstand, die Kapazität der Tankgröße

Der SOC ist die Ladung, die noch entnommen werden kann, geteilt durch die Kapazität. Wird z.B. nach einem „Vollladen“ (SOC = 100%) nach einer bestimmten Fahrtstrecke eine Ladung von 60% der Kapazität „verbraucht“, so verbleibt ein SOC von 40%.

Zur Berechnung bedarf es der Messung und Aufzeichnung der Stromstärke, wie es in folgender Abbildung dargestellt ist.

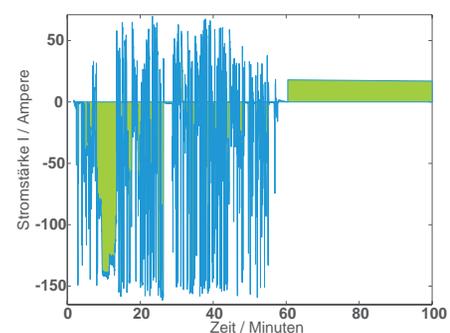


Abb. 3.16: Stromstärke während der Fahrt im Fahrzeug (blaue Linie) und beim anschließenden Laden der Batterie

Eine negative Stromstärke bedeutet, dass die Batterie Leistung abgibt und den Motor antreibt – bei kurzzeitig positiver Stromstärke wird die Batterie vom Motor beim Bremsen (Motorbremse) bzw. Bergabfahren geladen (Rekuperation).

Nach der Fahrt (hier nach ca. 60 Minuten) wird an der Steckdose wieder geladen. Die grüne Fläche unter der blauen Linie entspricht dem Integral der Stromstärke über die Zeit und damit der Ladung, die der Batterie entnommen wurde. In Abbildung 3.17 ist der Wert dieses Integrals zu jedem Zeitpunkt aufgetragen.

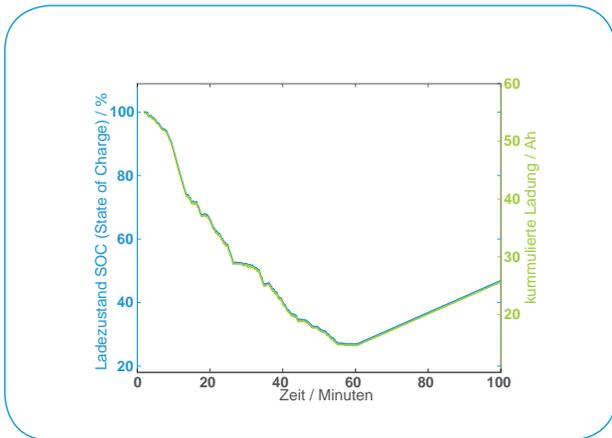


Abb. 3.17: Aus der Stromstärke während der Fahrt bzw. beim Laden des Elektrofahrzeugs berechnete Ladung der Batterie (rechte Achsenbeschriftung: Integral der Stromstärke über die Zeit) und Umrechnung in den relativen Ladezustand (linke Achsenbeschriftung) Nachdem das Ladegerät die Fahrzeugbatterie voll geladen hat wird der Ladezustand (SOC) auf 100% gesetzt, was auch der Kapazität, die für das Fahrzeug bei einer anderen Messung zu 55 Ah festgestellt wurde, entspricht.

Während der Fahrt bis zum Ende bei 60 Minuten wird der Batterie Ladung entzogen, an einigen Stellen ist ein leichter Anstieg des Ladezustands erkennbar, hier wird bei einer Bergabpassage Energie vom Motor an die Batterie zurückgespeist (Rekuperation). Beim anschließenden Laden nimmt der Ladezustand mit zunächst gleich bleibender Steigung zu.

Den Verlauf der Spannung beim Fahren und Laden veranschaulicht Abbildung 3.18. Bei einer Fahrt auf dem Prüfstand nimmt die Spannung ab (blaue Linie). Während der Fahrt wurde einige Male das Gaspedal losgelassen, dabei „erholt“ sich die Spannung und nähert sich der Spannung an, die die Batterie im Ruhezustand hätte. Die Abbildung zeigt, dass der Einfluss der Gaspedalstellung auf die Spannung sehr hoch ist, daher ist es sehr schwierig, aus der Spannung während der Fahrt auf den Ladezustand zu schließen – es wäre eine sehr aufwändige mathematische Korrektur des Spannungswertes nötig (Kalman-Filter). Die Abbildung veranschaulicht auch den Energieverlust am Innenwiderstand der Batterie: Die Fläche zwischen der schwarzen und der blauen Kurve entspricht dem Verlust bei der Fahrt, die zwischen roter und schwarzer Kurve dem Verlust beim Laden. Beides steigt mit der Stromstärke, langsames Fahren und Laden würde die Verluste verkleinern.

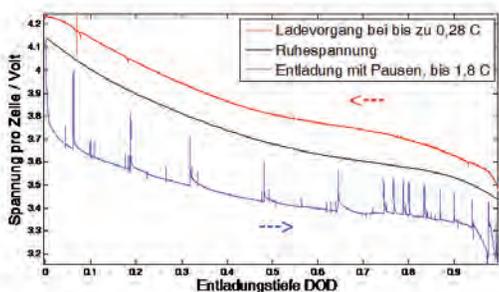


Abb. 3.18: Spannungsverlauf der Li-Ion-Batterie bei einer Prüfstandfahrt (blau) und beim anschließenden Wiederaufladen (rot) als Funktion der Entladungstiefe (Depth of Discharge). $DOD = 1 - SOC$.

Wie oben erwähnt kann die Klemmen-Spannung bei einem bestimmten Ladezustand sehr unterschiedlich sein – je nach dem wie die Batterie gerade belastet wird oder kurz vorher belastet wurde. Beim Laden der Batterie sind die Verhältnisse dagegen wesentlich besser reproduzierbar als während der Fahrt, weil das Ladegerät immer mit den gleichen Bedingungen lädt. Daher wäre eine Ladezustandsbestimmung über die Klemmen-Spannung während des Ladevorgangs Erfolg versprechender als während der Fahrt. Nützlich wäre dies dann, wenn ein Fahrzeug nur teilweise nachgeladen werden kann und die Fahrt fortgesetzt werden muss bevor die Batterie voll ist. Dann wäre es möglich, aus der Spannung, die zum Ende des Teilladevorgangs erreicht wird, durch Vergleich mit einer Referenz-Ladekennlinie auf den Ladezustand zu schießen. Es wäre aber nötig, auch die Temperatur der Batterie zu messen und zu berücksichtigen, denn die Referenz-Ladekennlinie ist temperaturabhängig wie folgende Abbildung zeigt.

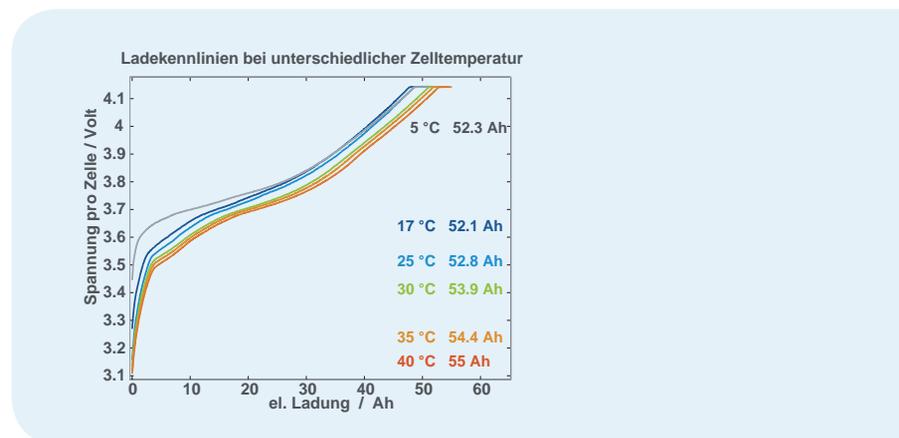
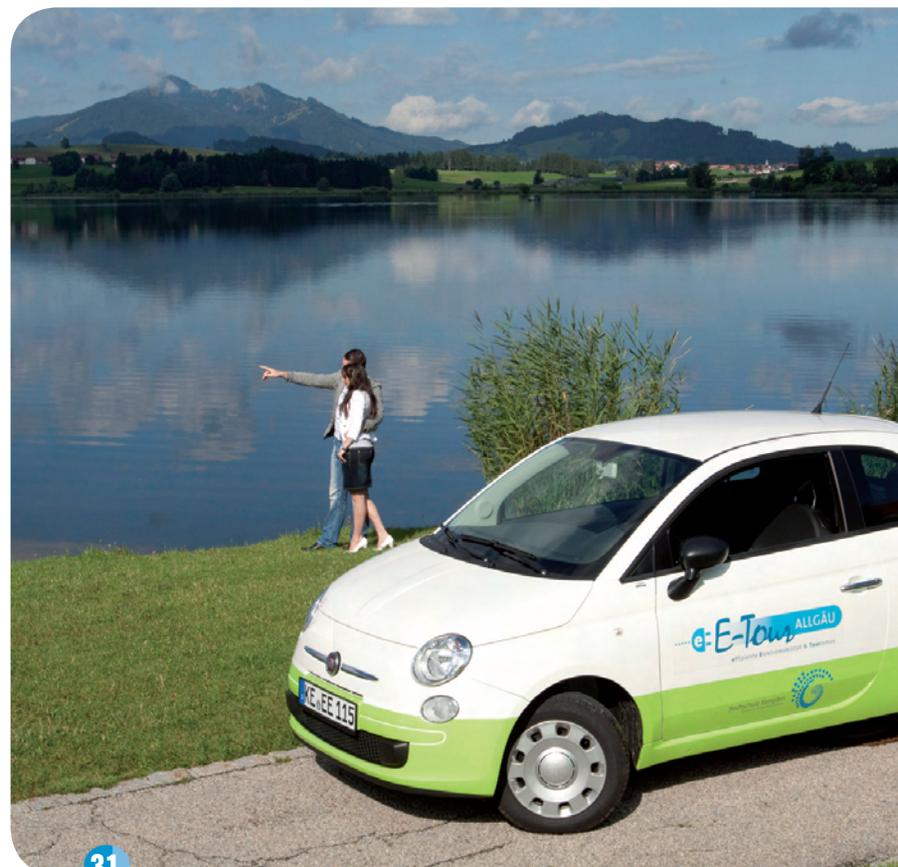


Abb. 3.19: Spannungsverlauf der Li-Ion-Zellen im Labor beim Laden mit unterschiedlichen Temperaturen.



3.5 Reichweitenberechnung und energieverbrauchs-optimiertes Routing

Integration von Batteriedaten über die CAN-Bus-Schnittstelle

Für die Bestimmung der Reichweite der Fahrzeuge und die Generierung von energieverbrauchsoptimierten Routen war es zunächst erforderlich, einen Zugang zu wichtigen permanent veränderlichen Fahrzeug- und Batterieparametern zu schaffen. Mit der Ausnahme eines einzigen Fahrzeugmodells werden solche Informationen schon ab Werk zwischen den eingebauten Steuergeräten auf dem sogenannten CAN-Bus des Fahrzeugs versendet. Nicht alle Fahrzeughersteller veröffentlichen das fahrzeugspezifische Nachrichtenprotokoll, so dass kein allgemeingültiges Schema zur Verfügung steht, das alle Fahrzeuginformationen umfasst. Es gelang dennoch bei den meisten Modellen auch ohne dieses Schema, diese Nachrichten, die z.B. vom Batterie Management System (BMS) versendet werden, auf dem CAN-Bus zu identifizieren und auszuwerten. Der in vielen Fahrzeugen eingebaute Car-PC wurde so programmiert, dass er in der Lage ist, über eine Schnittstelle zum CAN-Bus die Nachrichten mitzulesen und sie über eine Mobilfunkverbindung an die Mobilitätszentrale zu senden. Die über längere Zeiträume angefallenen Messdaten eines Fahrzeugs fanden Verwendung in der zur Analyse von Batteriedaten unterschiedlicher Fahrzeuge aufgebauten modularen Toolbox. In einem weiteren Schritt konnte damit ein modellspezifisches Energieverbrauchsmodell erstellt werden (siehe 4.3). Die gespeicherten Messdaten wurden mit eigens dafür entworfenen Softwarewerkzeugen mit Daten aus anderen Quellen angereichert. Anschließend erfolgte die statistische und graphische Auswertung in der zu diesem Zweck entwickelten Software.

Analyse Ladestand und Energieverbrauch

Für die Bestimmung der Reichweite sind Ladestand und Energieverbrauch maßgebend. Die vom Batteriemanagementsystem (BMS) übermittelten Lade-

zustandsdaten wurden unter Laborbedingungen mit dem tatsächlichen über Ampere-Counting bestimmten Ladezustand verglichen. Alternativ zu den vom Batteriemanagement gelieferten Ladezustandsdaten wurden auch auf Kalman-Filter beruhende Ladezustandsberechnungen getestet. Für den Energieverbrauch wurde ein Modell entwickelt, das basierend auf einer Zeit-Geschwindigkeits-Vorgabe den Verbrauch der elektrischen Energie bestimmt.

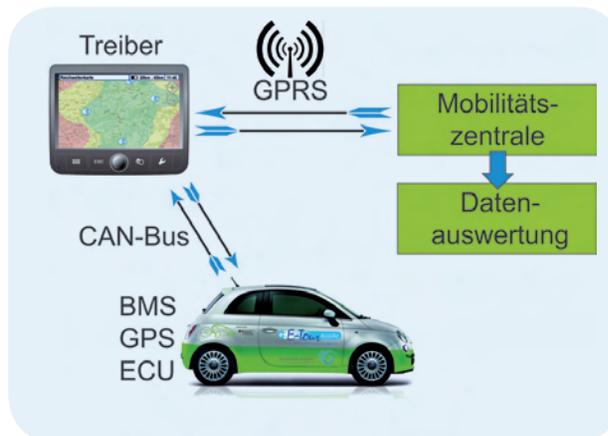


Abb. 3.20: Schema der Messdatenerfassung

Energieverbrauchsmodell (PCM)

Das Power Consumption Model (PCM) beruht auf den Komponenten Rollwiderstand, Luftwiderstand, Beschleunigungswiderstand und Steigungswiderstand. Zur Bestimmung des Luftwiderstands wurden Messungen der Querschnittfläche und Herstellerangaben in Bezug auf den c_w -Wert zu Grunde gelegt. Der Rollwiderstand konnte im hochschuleigenen Labor für Fahrzeugantriebe gemessen werden. Beschleunigungs- und Steigungsarbeit können direkt aus den Eingabedaten berechnet werden. Für den Energieverbrauch wurde der Wirkungsgrad in Abhängigkeit der Parameter Geschwindigkeit und elektrischer Leistung bestimmt. Der Einfluss der Rekuperation auf den Gesamtenergieverbrauch konnte ebenfalls über den Wirkungsgrad berücksichtigt werden. Anhand unterschiedlicher Teststrecken konnte das PCM validiert werden. Eine Verifikation des Modells erfolgte mit Hilfe der Batterie- und GPS-Daten, die über alle Bewegungen der Testfahrzeuge während der gesamten Projektphase durchgeführt wurde.

Eine Voraussage des Energieverbrauchs ist somit bei Vorgabe einer Zeit-

geschwindigkeits-Funktion mit einer Genauigkeit von $\pm 5\%$ möglich. Für die Bestimmung der Restreichweite ist nun außer der Kenntnis des Straßenverlaufs, inklusive der Steigungen und Gefälle, auch der Geschwindigkeitsverlauf entlang der Wegstrecke nötig. Da innerhalb der Kartendaten auch Informationen und Attribute zum Straßentyp, zulässiger Höchstgeschwindigkeit und mittlerer zu erwartender Geschwindigkeit vorlagen, konnten hiermit grobe Geschwindigkeitsverläufe ermittelt werden. Es stellte sich heraus, dass basierend auf dem angenommenen Verlauf der Geschwindigkeiten noch keine zuverlässige Vorhersage über den Energieverbrauch gemacht werden konnte, da über den individuellen Fahrstil noch deutliche Un-

terschiede im Energieverbrauch beobachtet werden konnten, die bei dieser Vorgehensweise noch nicht berücksichtigt wurden. Infolgedessen wurde eine Strategie verfolgt, die den individuellen Fahrstil während der Fahrt erkennt und dann den angenommenen Geschwindigkeitsverlauf an den individuellen Fahrstil anpasst. Weitere Einflüsse auf den Stromverbrauch sind zusätzliche Verbraucher wie Licht, Heizung, Klimaanlage, Scheibenwischer, Radio, die bei der Verbrauchsvorhersage berücksichtigt werden müssen.

Klassifizierung des Fahrverhaltens

Für die Bestimmung der Restreichweite ist nun eine Abschätzung des Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverlaufs vorzunehmen. Hierzu wurden sowohl definierte Testfahrten in „sportlicher“ und „gemächlicher“ Fahrweise durchgeführt. Mit diesen Daten wurden statistische Auswertungen durchgeführt, um anhand der Ergebnisse eine Einstufung des Fahrstils durchführen zu können. So konnte z.B. über die Varianz der Geschwindigkeiten (starkes Beschleunigen und starkes Bremsen) eine sportliche Fahrweise auch schon nach einer relativ kurzen Fahrstrecke erkannt werden.

Das Verbrauchsmodell wird je nach erkanntem Fahrstil angepasst. Sobald der

Fahrstil gewechselt wird, kann auch das Verbrauchsmodell nachgezogen werden. Somit ist eine an die Fahr situation angepasste Voraussage des künftigen Energieverbrauchs aufgrund von Karten- und topographischen Daten möglich.

Reichweitenkarte

Mit Hilfe des momentanen Ladezustands und des validierten Energieverbrauchsmodells kann nun auf Basis von Karten- und Höhendaten der Energieverbrauch eines Elektrofahrzeugs bestimmt werden, sobald die in 4.2 und 4.3 bestimmten Validierungsarbeiten für das Fahrzeug durchgeführt sind. Für die Bestimmung der momentanen Reichweite und Anzeige aller mit dem momentanen Ladezustand erreichbaren Punkte innerhalb der Kartendarstellung des Navigationsgeräts sind Algorithmen auf Graphen zu implementieren. In enger Kooperation mit den Projektpartnern der Technischen Universität München (TUM) wurden verschiedene graphentheoretische Algorithmen untersucht und implementiert. Ein sehr schneller Algorithmus, der jedoch in Randbereichen nur eine Approximation für die Reichweite lieferte, wurde an der Hochschule Kempten neu entwickelt und in das Gesamtsystem integriert (sectorial search). Alternative Algorithmen der TUM konnten ebenfalls zu Testzwecken an das Gesamtsystem angebunden werden. Bei niedrigem Ladestand wird auf einen genaueren Algorithmus, basierend auf Ideen des aus der Literatur bekannten Dijkstra-Algorithmus, zur Berechnung kürzester Wege gewechselt.



Abb. 3.21: Reichweitenkarte

Eco-Routing

Bei der Entwicklung von Routing-Algorithmen, die ausschließlich auf geringen

Gesamtenergieverbrauch ausgerichtet sind ergab sich folgende Problematik:

Da der Energieverbrauch wesentlich vom Luftwiderstand abhängt, sind Routen, die hohe Geschwindigkeiten erlauben, häufig nicht energieoptimal. Damit werden bei der Wahl einer Eco-Route Straßen mit niedrigen Durchschnittsgeschwindigkeiten bevorzugt. Ein Testsystem, das Routing ausschließlich hinsichtlich der Zielfunktion „Gesamtenergieverbrauch“ optimiert, wurde an der TUM entwickelt (Green Navigation). Wie bereits im Vorfeld geplant, wurde neben dem an der TUM entwickelten Testsystem an der Hochschule Kempten ein Algorithmus entwickelt, der einen anderen Ansatz verfolgt, indem er mehrere Kriterien als Zielfunktion verwendet. Als Optimierungsmethode wurde an der Hochschule Kempten ein neuer Algorithmus entwickelt und implementiert, der auf genetischen Methoden basiert.

Hierzu wurde eine spezielle Vorgehensweise zur Mutation, Selektion und Rekombination entwickelt, die effektiv und schnell zur Konvergenz führen. Als Zielfunktion wurden Gesamtenergie und benötigte Zeit für die Route ausgewählt. Bei der Selektion werden nur Pareto-optimale Punkte berücksichtigt. Auf Basis der Pareto-Front kann dann am Ende entweder die zeitoptimale, die Eco-optimale oder ein Kompromiss gefunden werden, z.B. eine Route, die 5 % mehr Energie als der minimale Energieverbrauch kostet, aber deutlich schneller ist. Routen, die mit der Mehrkriterienoptimierung erstellt wurden, wurden von

Testpersonen als gut und angenehm fahrbar bezeichnet. Aus diesem Grund wurde nur die Mehrkriterienoptimierung als Routing-Verfahren in das Gesamtsystem integriert. Die Auswahl eines Punktes aus der Pareto-Front kann mittels Setzen eines Initialisierungsparameters gesteuert werden. Dieser ermöglicht bei der Routenfindung die Favorisierung von Routen mit eher hoher Restreichweite oder eher kurzer Fahrtzeit. Bei der Implementierung wurden verschiedene Algorithmen aus der Literatur und aus jüngeren Forschungsarbeiten verwendet.

Vorstudien und Testergebnisse der TUM konnten bei der Entwicklung verwendet werden. Teilergebnisse und Vorgehensweisen des Projektpartners konnten jedoch gewinnbringend verwertet werden. Bezüglich der Performance auf der von der Soloplan GmbH zur Verfügung gestellten Hardware konnten während der Projektlaufzeit noch keine Engpässe festgestellt werden. In simulierten „Stresstests“ mit einer hohen Anfrageintensität an den zentralen Server konnten Hardware-Anforderungen gestellt werden, die eine Skalierung auf eine größere Flotte erlauben. Da die Rechenzeit der Algorithmen zur Bestimmung der Reichweite und Berechnung von Routen gut parallelisierbar ist, kann die Antwortzeit für eine einzelne Anfrage dadurch gesteigert werden. Allerdings hängt die Effektivität und der Gesamtdurchsatz wesentlich von der Menge und Häufigkeit der Anfragen der mobilen Clients aus den Fahrzeugen an den Server ab. Eine abschließende Beurteilung, welche Antwortzeiten bei einer gegebenen Hardwarespezifikation für eine Flottengröße erforderlich ist, kann deshalb noch schwer getroffen werden, da die Intensität der Nutzung der Elektrofahrzeugflotte während der Projektlaufzeit nur bedingt auf andere Szenarien übertragbar ist.

kürzeste Route



schnellste Route



Abb. 3.22: Mehrzieloptimierte Routenfindung mit genetischen Methoden. Iterativ werden Routen hinsichtlich ihrer Zeit und ihres Energieverbrauchs bewertet, verworfen oder modifiziert.

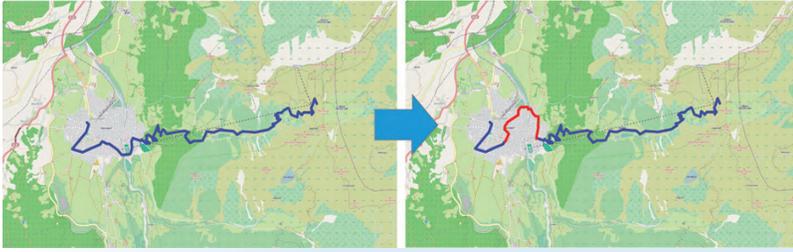


Abb. 3.23: Eine existierende Route (links) wird experimentell leicht verändert, so dass der Weg durch den rot markierten Punkt führt. Die neu erstellte Route wird ebenfalls hinsichtlich Zeit und Energieverbrauch bewertet.

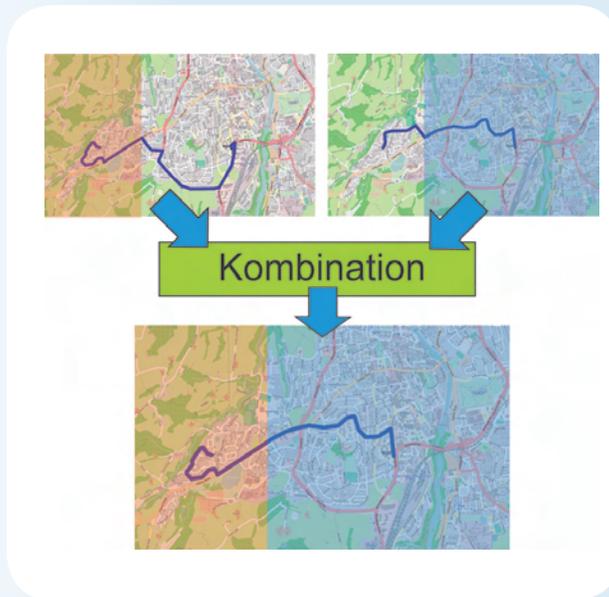


Abb. 3.24: Zwei Routen, die in Teilen identisch sind, können zu einer neuen Route kombiniert werden. Die neu entstandene Route wird hinsichtlich Zeit und Energie bewertet.

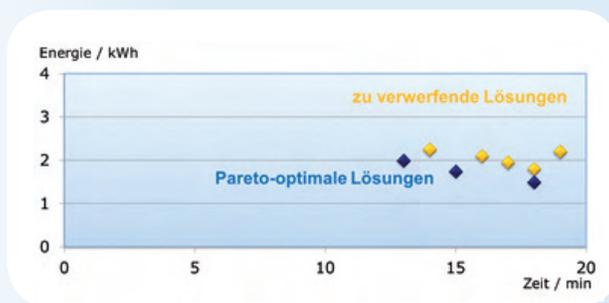


Abb. 3.25: Nach einer Runde bestehend aus Rekombination und Mutation stehen mehrere Routenvorschläge fest. Gute Vorschläge werden in die nächste Runde übernommen, schlechte werden aussortiert.

3.6 Usability-Studie Car-PC-Software

Softwareergonomie meint u.a. die Beurteilung von Softwareoberflächen nach objektiv festgelegten Kriterien. Gerade in den letzten Jahren hat sich gezeigt, dass der Markterfolg von Produkten wesentlich von Ihrer Attraktivität abhängt. Software muss einerseits die Arbeitsabläufe des Menschen optimal unterstützen (objektive Bewertung, z.B. DIN EN ISO 9241) und der Benutzer soll die Software gern benutzen (subjektive Bewertung). Neueste Erkenntnisse zeigen, dass dieser Prozess nicht isoliert betrachtet werden darf. Der Begriff Usability-Engineering meint das Einbringen der notwendigen Instrumente und Vorgehensweisen in den klassischen Software-Engineering Prozess.

Analysephase

Analyse der künftigen Benutzer

Die Akzeptanz einer Software ist stark abhängig davon wie gut diese auf die künftige Benutzergruppe ausgerichtet wird. Daher ist es essentiell diese Benutzer zu identifizieren. Die Hauptgruppe von Benutzern für das Projekt eE-Tour Allgäu wird von den Touristen in der Region Allgäu gebildet. Eine Umfrage ergab, dass diese Gruppe folgende Charakteristika aufweist:



Abb. 3.26: Charakteristika der Touristen

Analyse der erforderlichen Funktionalitäten

Zur Aufgabe des Usability-Engineering zählt es unter anderem das Vorwissen der Nutzer einzubeziehen. Deswegen ist darauf zu achten bekannte Standardfunktionalitäten zu berücksichtigen. Desweiteren gilt es den Funktionsumfang durch neue, speziell auf den Tourismus und auf die Elektromobilität angepasste Funktionen zu erweitern. Neben den Kernfunktionalitäten wie „Navigation an eine Adresse bzw. an einen Point of Interest“ oder „Erstellen einer Route mit mehreren Zielen“ wird es dem Nutzer ermöglicht, eine Reichweitenkarte anzuzeigen. Diese Reichweitenkarte zeigt dem Fahrer zu jeder Zeit durch farblich gekennzeichnete Bereiche wie groß seine Reichweite mit seinem aktuellen Ladezustand ist. Eine weitere, speziell auf den Tourismus angepasste Funktion

ermöglicht es einen Routenvorschlag auszuwählen, welche den Fahrer an Sehenswürdigkeiten in der Umgebung leitet. Im Falle einer Notsituation, z.B. bei einem Fahrzeugdefekt, kann direkter Kontakt zur eE-Tour-Allgäu-Hotline oder zur Polizei aufgenommen werden. Gerade diese Funktion soll dem Tourist die Berührungsgangst mit der Elektromobilität nehmen.

Analyse der erforderlichen Interaktionen

Für die Analyse der Interaktionen werden „Use-Cases“ als Hilfsmittel herangezogen. Sie bieten einen großen Vorteil, da sie sich nur auf die Interaktionen zwischen Mensch und System konzentrieren. Zu allen erarbeiteten Szenarios werden diese „Use-Cases“ erstellt.

Alter	16-30	30-60	60-80+
Anteil in Prozent	8%	59%	33%
Geschlecht	weiblich, männlich	weiblich, männlich	weiblich, männlich
Wahrscheinlichkeit physikalischer Einschränkungen	gering	mittel	hoch
Bildung	Jede Qualifikation vorstellbar	Jede Qualifikation vorstellbar	Jede Qualifikation vorstellbar
Erfahrung mit Computersystemen	keine – mittelmäßig	keine – sehr gut	keine – mittelmäßig
Motivation für die Benutzung des Systems	Sehr hohe Motivation, da der Car-PC als technisches Spielzeug angesehen wird.	Sehr hohe Motivation, da der Car-PC als technisches Spielzeug angesehen wird. Keine Motivation, da der Car-PC als kompliziertes Gerät angesehen wird (Berührungsgangst).	Keine Motivation, da der Car-PC als kompliziertes Gerät angesehen wird (Berührungsgangst).
Einstellung zum System	Interessiert	Interessiert bis abgeschreckt. Hängt davon ab wie der Car-PC gesehen wird (techn. Spielzeug bzw. kompliziertes Gerät).	Abgeschreckt

Abb. 3.27: Aufteilung der Benutzergruppe nach Alter

In Abbildung 3.27 ist zu erkennen, dass diese Benutzergruppe einen großen Anteil an Personen im gehobenen Alter besitzt. Aus den Charakteristika dieser Gruppe lässt sich ableiten, dass die grafischen Oberflächen möglichst leicht zu verstehen, einfach gestaltet und kleine Schriftarten zu vermeiden sind.

Analyse des Ablaufs der Funktionalitäten

Nahezu jeder ist während der Benutzung einer Software an einen Punkt gekommen, an dem nicht klar war, wie es weiter geht oder was nun zu tun ist. Dies passiert dann, wenn sich ein Benutzer den Ablauf einer Funktion anders vorstellt als er realisiert ist. Ein Werkzeug für das Design solcher Abläufe ist das „Szenario“. Für ein erstes Herantasten ist die Beschreibung einiger Beispielfälle, wie ein neues System funktionieren kann, sehr hilfreich und kann von jedem verstanden werden. Sie bieten also eine gute Diskussionsgrundlage und es kann dadurch an das mentale Modell des Nutzers angenähert werden.

Szenario

Ein Szenario ist eine Geschichte über die Nutzung einer fiktiven Software durch einen fiktiven Anwender in einer konkreten Situation. Ein Szenario ist ein Fließtext in folgender Form:

„...erkennt in einer Auswahlliste von POIs den Eintrag „Seen und Bäder“ und betätigt diesen. Auf dem folgenden Screen stehen ihm verschiedene Bäder und Seen zur Auswahl, die in einer Liste angezeigt werden. ...“

Use-Cases

„Use-Cases“ teilen sich in „abstract Use-Cases“ und „concrete Use-Cases“ auf. Der „abstract Use-Case“ konzentriert sich darauf was ein Nutzer machen möchte (mentales Modell), wobei sich der „concrete Use-Case“ darauf konzentriert wie der Nutzer die jeweiligen Interaktionen durchführen möchte.

Zerlegung der Funktionalitäten

„Task Objects, Attributes und Actions“ bilden die Grundlage einer Grobkonzeption (Content Diagramm), welches wiederum die Grundlage des ersten grafischen Prototyps bildet. Um diese zu identifizieren werden die oben genannten „Use-Cases“ in ihre Bestandteile zerlegt.

Ein Task Object ist eine Einheit an Information mit der ein Benutzer interagiert um ein Ziel zu erreichen. Ein Attribute ist eine Eigenschaft eines Task Objects, können aber auch „Kindobjekte“, also andere Task Objects sein.

Eine Action ist eine Funktion, welche das Task Object selbst oder dessen Attribute ändert.

Ableiten der Usability-Spezifikation

Eine Usability-Spezifikation ist eine Beschreibung von qualitativen und quantitativen Anforderungen an das zu entwickelnde System in tabellarischer Form. Die enthaltenen Werte sind empirisch durch Vergleich mit ähnlichen Systemen ermittelt worden und bilden beispielsweise die Grenzen dafür, wie lange eine bestimmte Aufgabe dauern darf. Als Vergleichsprodukte wurden das Garmin Nüvi sowie ein Discounter-Gerät herangezogen.

Abbildung 3.28 zeigt einen Ausschnitt aus der Usability-Spezifikation des Projektes eE-Tour Allgäu. Zu erkennen ist das „Usability Attribute“, die anzuwendende Messmethode, der zu messende Wert, schlechtester Wert, geplanter Wert, bester Wert und die Werte der Vergleichsprodukte. Als wichtigstes Usability Attribute wurde die „Erstbenutzer Performance“ gewählt, da davon auszugehen ist, dass ein Tourist während seines Urlaubs nicht häufig mit dem System in Kontakt kommt und daher ein Erstbenutzer ist.

Usability Attribut	Messmethode	zu messender Wert	ungünstigster Fall	geplantes Level	günstigster Fall	Garmin nüvi	Naviteq
Erstbenutzer Performance	Route mit einem Ziel (Adresseingabe) erstellen	Zeit um Task zu erfüllen	2 min	50 sek	35 sek	35 sek 32 sek 28 sek	1 min 15 sek
Erstbenutzer Performance	Route mit einem Ziel (POI) erstellen	Zeit um Task zu erfüllen	2 min	50 sek	35 sek	1 min 13 sek 45 sek 2 min 30 sek	1 min 15 sek
Erstbenutzer Performance	Vorgefertigte Route auswählen	Zeit um Task zu erfüllen	2 min	60 sek	35 sek	Nicht verfügbar	Nicht verfügbar
Erstbenutzer Performance	freies Fahren	Zeit um Task zu erfüllen	10 sek	< 5 sek	< 5 sek	< 5 sek	< 5 sek
Erstbenutzer Performance	Route mit 3 Zielen (POI) erstellen	Zeit um Task zu erfüllen	3 min	1 min 45 sek	1 min 30 sek	Nicht erfolgreich, weil nicht mehr als 2 Ziele möglich sind.	4 min
Erstbenutzer Performance	Erstellte Route mit 3 Zielen bearbeiten (ein Ziel entfernen)	Zeit um Task zu erfüllen	60 sek	30 sek	20 sek	Nicht erfolgreich, weil nicht mehr als 2 Ziele möglich sind.	20 sek

Abb. 3.28: Auszug aus der Spezifikation

Design

Erstellung einer Grobkonzeption

Die Grobkonzeption (Content Diagramm) ist als erster Prototyp anzusehen, welcher jedoch nur die zugrundeliegende Struktur des Systems darstellt, also noch keine grafische Oberfläche besitzt. Anhand dieser Konzeption sind alle Abläufe der enthaltenen Funktionalitäten nachzuvollziehen und zu testen. Somit kann sichergestellt werden, dass sich das System nach den Vorstellungen des Nutzers benutzen lässt. Die Hauptkomponente dieses Konzepts bildet ein „Container“, welcher Funktionen enthält die vom System ausgeführt werden oder von einem Nutzer angestoßen werden können. In Abbildung 3.29 ist der Container „Reichweitenkarte“ zu sehen.

Die enthaltenen Container sind durch Links miteinander verbunden, durch welche die Abläufe der Software repräsentiert werden.

Durch die Verwendung einer Grobkonzeption ergibt sich eine strukturierte Basis durch welche in nachfolgenden Schritten eine grafische Oberfläche entwickelt werden kann.

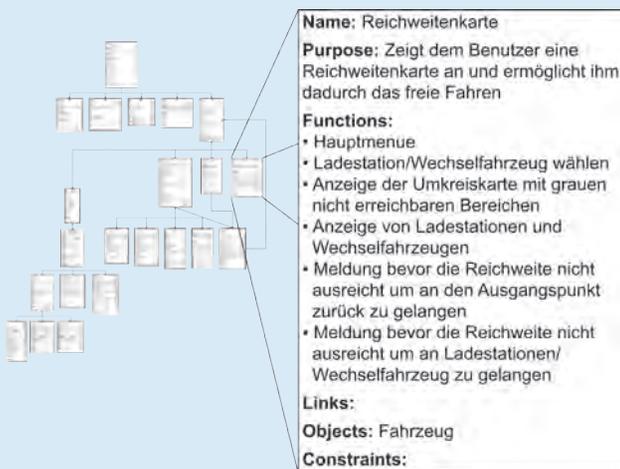


Abb. 3.29: Beispiel für den Container einer Grobkonzeption

Ableiten eines Papierprototyps

Nachdem die zugrundeliegende Struktur erarbeitet wurde, wird der erste grafische Entwicklungsschritt durchgeführt. Es

wird das oben beschriebene Content Diagramm herangezogen und für jeden Container ein Papierprototyp erstellt. Ein Papierprototyp ist ein von Hand erstelltes, mit Bleistift und Papier gezeichnetes Bildschirmlayout. Dieses Vorgehen bietet den Vorteil, dass diese Prototypen schnell zu erstellen, für jeden zu verstehen und schnell abänderbar sind.

Ist der Schritt der Erstellung der Papierprototypen abgeschlossen werden diese als Programmoberfläche implementiert. Abbildungen 3.30 und 3.31 soll hier beispielsweise die Oberflächen der Software

darstellen, die auf dem in die Fahrzeuge eingebauten Car-PC zu sehen sind.

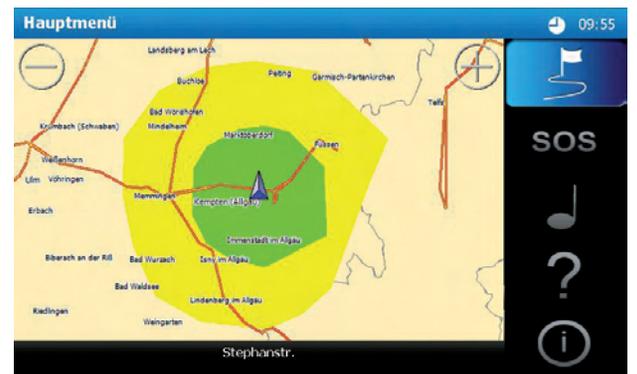
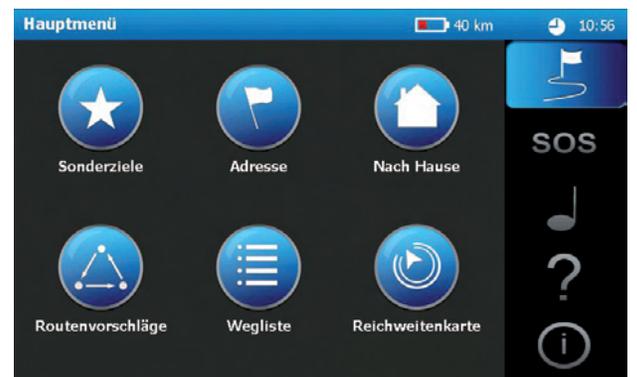


Abb. 3.30/ 3.31: Screenshots der Car-PC Anwendung

Entwürfe für Redesign und Redesign des Prototypen

Das gesamte Vorgehen innerhalb dieses Projektes lässt sich in einem Zyklus abbilden der die Punkte „Analyse“, „Design“ und „Evaluation“ beinhaltet. Ist die Evaluation vollständig durchgeführt und ausgewertet, werden anhand der gewonnenen Erkenntnisse die genannten Punkte nochmals bearbeitet um eine Verbesserung der Usability zu erzielen.

Evaluation

Erstellung des Evaluationsplans

Eine Evaluation überprüft, ob die definierten Anforderungen aus der Spezifikation erreicht und eingehalten worden sind. Der

gesamte Ablauf einer Evaluation wird in einem Evaluationsplan festgehalten. Der in diesem Projekt erstellte Evaluationsplan enthält folgende Punkte:

- Usabilityziele: Die Evaluation zielt darauf ab herauszufinden, ob die Erwartungen des Benutzers in einer einfach zu verstehenden Art getroffen werden.
- Evaluationsszenarios: z.B. Route mit einem Ziel (Adresseingabe) erstellen
- Usability Evaluationsziele: z.B. die Probanden sind in der Lage die Software weitestgehend ohne Dokumentation zu benutzen.
- Zielgruppen
- Evaluationsprozess: Wie ist der Ablauf einer Evaluation
- Logistik: Fahrzeug mit neuester Softwareversion
- Voraussetzungen für die Evaluation: z.B. Unterlagen für Notizen
- Unterlagen: z.B. Fragebögen zur Person / über Software
- Datenerhebungsmethoden: z.B. Zeit für die Durchführung jeder Aufgabe

Durchführung der Evaluation

Die Evaluation wird an einem teilnehmenden Hotel durchgeführt. Die Interessenten werden zuerst begrüßt und bekommen eine kurze Einführung in das Projekt eE-Tour Allgäu. Anschließend füllen die Probanden einen Fragebogen zu ihrer eigenen Person aus und bearbeiten alle gestellten Aufgaben am Car-PC in einem Fahrzeug. Abschließend wird ein Fragebogen zur subjektiven Einschätzung der Software ausgefüllt. Alle Dokumente werden für die jeweilige Person abgelegt.

Zusätzlich zu dieser Evaluation wird eine Eye-Tracking-Analyse durchgeführt. Hier benutzt ein Proband ein Eye-Tracking-System, mit dem nachvollzogen werden kann wohin diese Person während der Abarbeitung der Aufgaben seinen Blick richtet. Dies gibt darüber Aufschluss, ob alle Funktionen an der, vom Benutzer vermuteten bzw. gewünschten Stelle platziert wurden.

Auswertung der Evaluation

Alle durchgeführten Evaluationen werden digitalisiert abgelegt und ausgewertet. Aus den erstellten Diagrammen lässt sich leicht erkennen, ob die definierten Anforderungen erfüllt und eingehalten wurden. Abbildung 3.32 stellt die Auswertung der Aufgabe „Navigation durch ein POI“ in einem Säulendiagramm grafisch dar. Man kann erkennen, dass der Großteil der Probanden die Aufgabe in angemessener Zeit bewältigen konnte. Durch die Auswertung der subjektiven Einschätzung der Probanden lässt sich darauf schließen, ob beispielsweise im Bereich der Icongestaltung Verbesserungen notwendig sind.

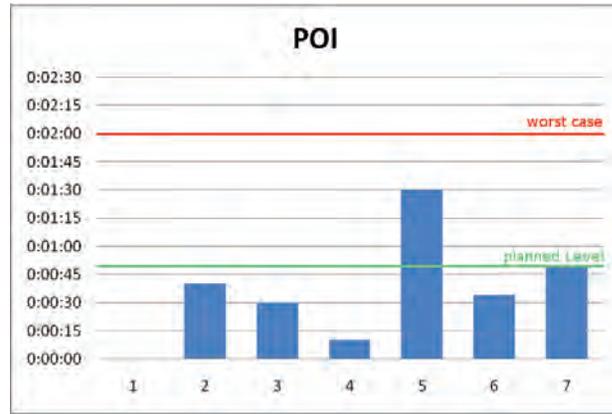


Abb. 3.32: Evaluationsauswertung am Beispiel „Navigation durch ein POI“

Vorläufig lässt sich aus der Evaluation schließen, dass die Probanden die Funktionsweise des Systems als leicht zu erlernen bewerten, aber es noch Möglichkeiten zur Verbesserung gibt.

Zusätzliche Arbeiten

Implementierung einer EyeTracker-Analyseanwendung

Im Rahmen des Projekts eE-Tour Allgäu wurde ein Eye-Tracking-System der Firma Arrington Research angeschafft. Da die Auswertungsmöglichkeiten nicht zufriedenstellend waren wurde ein eigenes Auswertungstool entwickelt. Mit diesem Tool lassen sich aus einer Eye-Tracking-Aufnahme so genannte „Heatmaps“ (Wärmekarten) erstellen. Diese Heatmaps geben Aufschluss darüber welche Bereiche der grafischen Benutzeroberfläche besonders interessant für den Benutzer waren bzw. in welchen Bereichen der Oberfläche der Benutzer für ihn interessante Funktionen vermutet. Abbildung 3.33 zeigt die entwickelte Auswertungsanwendung und Abbildung 3.34 zeigt eine Aufnahme während einer Testevaluation.

Abb. 3.33: Eye-Tracking-Anwendung

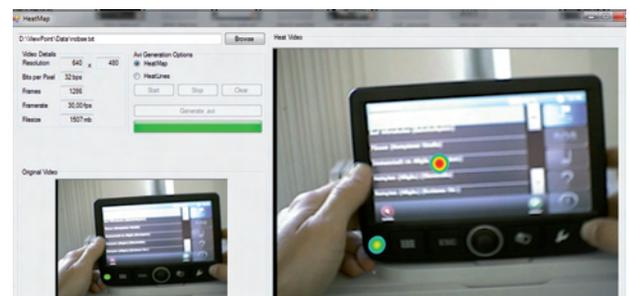


Abb. 3.34: Eye-Tracking-Aufnahme



3.7 Elektromobilität im Allgäuer Tourismus

Untersuchungsansatz der touristischen Projektinhalte

Informationen zum Mobilitätsverhalten der Allgäuer Gäste, zu deren Kenntnisstand und spezifische Einstellungen sowie Motive bezüglich Elektromobilität waren die Grundlage für die Entwicklung elektromobiler Nutzungsszenarien im Allgäuer Tourismus. Hierzu wurden in der Destination Allgäu verschiedene Primärerhebungen durchgeführt, eine allgäuweite Gästebefragung mit 1.600 Interviews sowie eine Befragung von 212 Beherbergungsbetrieben. Abschließend wurden die befragten Touristen in Zusammenarbeit mit dem Marktforschungsunternehmen GfK nach den Roper Consumer Styles (RCS) segmentiert und die Ergebnisse der Vor-Ort-Befragung über die RCS mit der deutschlandweiten Studie der GfK zu „Einstellungen, Erwartungen und Kaufbereitschaft für Elektro-PKW“ verknüpft.

Für die Umsetzung elektromobiler Nutzung wurden sechs in ihrer Struktur unterschiedliche Standorte im Allgäu ausgewählt, an denen die Fahrzeuge durch mehrere, sich in ihrer Gästeklientel unterscheidende Hotelbetriebe, die jeweiligen Tourismusinformationen, einen Carsharer und eine Autovermietung an die Gäste vermittelt wurden. Als Tourismusstandorte wurden Bad Wörishofen, Füssen/Hopfen am See, Oberstaufen und Oberstdorf ausgewählt sowie ein Carsharing-Unternehmen in Kempten und die Autovermietung Europacar am Standort Memmingen/Flughafen. Neben der Erprobung einer im Projekt entwickelten IKT-Lösung (intelligentes Navigationssystem) sowie einer internetgestützten Flottenmanagementlösung und der Erhebung wichtiger Daten zur Batterieforschung lieferte der Einsatz der Fahrzeuge in den Tourismusdestinationen wichtige Erkenntnisse zu:

- Nachfrage, Nutzungsintensität und Nutzungsverhalten der Touristen
- Akzeptanz der neuen Technologie insbesondere hinsichtlich Haptik, Zuverlässigkeit und Sicherheitsgefühl
- Preisfindung und Preiselastizität elektromobiler Angebote.

Ergebnisse empirischer Untersuchungen zu Elektromobilität und zum Mobilitätsverhalten der Gäste in der Tourismusregion Allgäu

Das Allgäu ist eine der bedeutendsten Ferienregionen Deutschlands mit 2,6 Mio. Gästeankünften und 10,4 Mio. Übernachtungen (Vgl. Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung (2011): www.statistik.bayern.de). Als Ganzjahresdestination besuchen Gäste das Allgäu nicht nur im Sommer und im Winter, sondern auch in den Nebensaisonzeiten im Frühjahr und im Herbst. Neben den sportlichen Aktivitäten der Urlaubsgäste wie „Wandern“ (63% der Gäste), „Radfahren“ (16%), „Nordic Walking“ und „Mountainbike fahren“ spielt angesichts der hohen Nennung von „Ausflüge machen“ (47%) Mobilität eine wichtige Rolle.

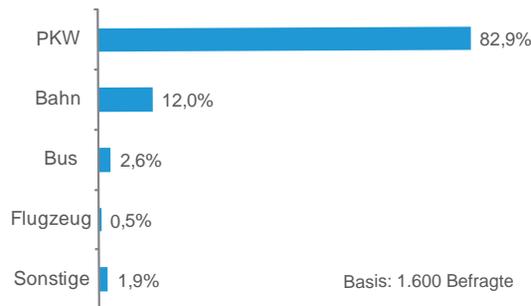


Abb. 3.35: Verkehrsmittel der Gäste zur Anreise ins Allgäu 2010/2011

Über 80% der Gäste kommen mit dem eigenen PKW ins Allgäu. 10% nehmen die Bahn zur Anreise, 4% wählen den Bus und 2% reisen mit dem Wohnmobil an. Auch im Urlaub selbst ist der eigene PKW die erste Wahl für Ausflüge. Lediglich jeder Dritte lässt das eigene Auto bei der Unterkunft stehen und erkundet die Region zu Fuß, mit dem ÖPNV, der Bahn oder dem Fahrrad. Angesichts der auf den eigenen PKW begründeten unabhängigen Mobilität gaben nur rund 2% der Gäste an, einen Mietwagen nutzen zu wollen. Explizit gefragt nach dem Interesse zur Nutzung eines Elektroautos, zeigten 40% der Urlauber eine deutliche Bereitschaft zur Anmietung eines solchen. Hauptargumente für die Nutzung eines Elektroautos im Urlaub waren der Umweltschutzgedanke, die Möglichkeit

etwas Neues auszuprobieren und die sinnvolle Alternative zu anderen Verkehrsmitteln. Allerdings bekundeten nur knapp 6% der Gäste ein direktes Interesse am Thema Elektromobilität.



Abb. 3.36: genannte Gründe der Gäste für die Nutzung eines Elektroautos 2010/2011

Die häufig genannte Reichweitenproblematik wird von den Ergebnissen zum tatsächlichen Mobilitätsverhalten der Befragten nicht unterstützt. Über 80% der Urlauber im Allgäu bewegen sich am Tag in einem Aktionsradius von 30 km. Die in eE-Tour Allgäu eingesetzten Elektroautos ermöglichen je nach Typ und Fahrstil potentielle Fahrstrecken von 100 bis 150 km, womit in den meisten Fällen die tatsächlich benutzten Wegstrecken ohne „Nachladen“ machbar sind. Da 70% der Gäste alleine oder zu zweit unterwegs sind, decken die meisten der im Feldversuch eingesetzten Elektrofahrzeuge mit zwei Sitzplätzen die Ansprüche einer großen Gästezielgruppe ab.

Ein grundsätzliches Interesse an dem Thema Elektromobilität zeigt eine Befragung von 212 Allgäuer Beherbergungsbetrieben. Knapp 50% haben sich bereits über Elektromobilität in Tageszeitungen, im Internet bzw. in Rundfunk und Fernsehen informiert. Wichtige Themen dabei waren die Reichweite der Fahrzeuge (56%), der Umweltschutz (46%), die Kosten für Anschaffung (40%) sowie der Unterhalt der Fahrzeuge (40%). Immerhin 17% der Betriebe hatten sich bereits mit dem Gedanken beschäftigt, ein eigenes Elektroauto anzuschaffen.

Das Thema Mietwagen spielt jedoch für die Beherbergungsbetriebe zur Zeit nur eine untergeordnete Rolle, da lediglich jeder zehnte Betrieb angab, schon einmal einen Mietwagen vermittelt zu ha-

ben. Anders sieht es bei Fahrrädern aus. Hier haben 90% der Beherbergungsbetriebe Erfahrungen mit der Vermietung von Fahrrädern und bereits 24% mit der Vermietung von Elektrofahrzeugen. Mit dem Angebot der Firma „Movelo“ konnte in den letzten Jahren ein dichtes Netzwerk von Vermietstationen für Elektrofahräder aufgebaut werden.

Nicht zuletzt vor diesem Hintergrund halten rund zwei Drittel der Beherbergungsbetriebe Elektromobilitätsangebote im Urlaubsgebiet für sehr sinnvoll bzw. sinnvoll. Ein Viertel ist bei dieser Fragestellung noch unentschieden und nur 12% halten ein Elektromobilitätsangebot für weniger sinnvoll bzw. ungeeignet. Aus Sicht des größten Teils der Betriebe sind Elektromobilangebote eine gute Alternative bzw. Ergänzung zu anderen öffentlichen Verkehrsmitteln. Sie befriedigen das Interesse an Neuem und vermitteln optimal den Umweltschutzgedanken. Gerade Elektromobilität wird häufig als wichtiges Glied einer intermodalen Mobilitätskette betrachtet, bei der der Gast, nachdem er mit öffentlichen Verkehrsmitteln in die Region angereist ist, vor Ort elektromobil unterwegs ist. Leider sind in der Praxis noch zu wenig entsprechende Angebote im Allgäu zu finden.

Kommunikationsaktivitäten im Rahmen des eE-Tour Allgäu Projekts – die Öffentlichkeit für das Forschungsprojekt gewinnen

Neben Forschung und Entwicklung ist die Marktvorbereitung und Markteinführung von batterieelektrisch betriebenen Fahrzeugen in Deutschland ein Ziel des Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität der Bundesregierung. Aus diesem Grund nahm die Kommunikation nach außen einen wichtigen Stellenwert im touristischen Teil des Forschungsprojektes ein. Aufmerksamkeit schaffen, Interesse wecken und Mobilitätspartner (Beherbergungsbetriebe und Tourismusinstitutionen) sowie Gäste und Einheimische für die Elektromobilitätsangebote zu begeistern, standen im Mittelpunkt der Aktivitäten.



Abb. 3.37: Projektflyer 2010, Projektflyer 2011, Rollups

Ausgehend von einem neu entwickelten eE-Tour-Logo wurde ein durchgängiges Corporate Design mit einer eigenen Farb- und Formenwelt geschaffen. Basierend auf den Farben weiß, blau und grün wurden unterschiedliche Kommunikationsmedien gestaltet wie eine eigene eE-Tour Allgäu-Website, Projektflyer sowie Rollups für Messeauftritte. Diese Medien wurden den Mobilitätspartnern und den Partnern des Konsortiums zur Verfügung gestellt. In einem weiteren Schritt wurden die Fahrzeuge

entsprechend dem Corporate Design gebrandet. Im Projektverlauf zeigte sich sehr rasch, dass die Urlaubsgäste ein großes Informationsbedürfnis rund um das Thema Elektromobilität hatten. Zum besseren Verständnis der neuen Technik seitens der potentiellen Nutzer einerseits und zur Unterstützung der beteiligten Beherbergungsbetriebe bei der Vermittlung der Fahrzeuge andererseits, wurden neben den allgemeinen Projektflyern in Zusammenarbeit mit MERIAN für jede beteiligte Tourismusdestination ein eigener Reiseführer mit Routenvorschlägen und Tourentipps aufgelegt. Kernstück der Reiseführer war eine vom jeweiligen Ort ausgehende Reichweitenkarte, die die Reichweitenproblematik mindern sollte. Weiterhin enthielten die Booklets allgemeine Informationen zum Projekt, eine Übersicht der Ladestationen im Allgäu sowie die typischen, touristischen Inhalte zur Region. Die Reiseführer wurden an interessierte Gäste im Allgäu ausgegeben und dienten neben den Projektflyern dazu, eE-Tour Allgäu auf Messen und Kongressen vorzustellen und bekannt zu machen.



Abb. 3.38: MERIAN-Reiseführer „Auf E-Tour durchs Allgäu“

Abgerundet wurde der Kommunikationsmix durch einen Imagefilm, der für eE-Tour Allgäu produziert wurde. Eingesetzt wurde dieser Film vor allem im Internet auf den Websites der Partner sowie häufig auch im Inhouse-TV bzw. an der Rezeption in den Beherbergungsbetrieben (zu sehen auf www.ee-tour.de).

Erfahrungsberichte zum Einsatz von Elektromobilen in Allgäuer Tourismusdestinationen

Für den Einsatz der Elektrofahrzeuge wurden vier in ihrer Nachfragestruktur unterschiedliche Tourismusorte im Allgäu gewählt, an denen die Fahrzeuge durch mehrere, sich in ihrer Gästeklientel unterscheidende

Hotelbetriebe an die Gäste weitergegeben wurden. Grundsätzlich lässt sich sagen, dass die Akzeptanz der Elektromobilität stark vom Zielgebiet, dem jeweiligen Beherbergungsbetrieb und seiner Gästeklientel abhängt.

Bad Wörishofen gehört zu den bekanntesten Kurorten Deutschlands mit einem Fokus auf das Naturheilverfahren von Pfarrer Kneipp. Mit 65 Jahren ist das Durchschnittsalter der Gäste in Bad Wörishofen vergleichsweise hoch. Dies spiegelt sich in der Nachfrage nach Elektroautos wider. Zwar sind die Gäste, die

überdurchschnittlich häufig mit der Bahn anreisen, grundsätzlich an der neuen Technologie interessiert, doch wohl aufgrund des gehobenen Alters waren diese eher zurückhaltend und vorsichtig. Sie zeigten wenig Vertrauen in die Sicherheit der Fahrzeuge und wollten sie aufgrund der scheinbar begrenzten Reichweite höchstens für kürzere Touren von ein bis zwei Stunden im näheren Umfeld testen. Das Konzept der Tagesvermietung war deshalb hier schwer umsetzbar. Im Verlauf des Projektes wurden die Fahrzeuge auch von der Kurverwaltung der Stadt an Gäste vermittelt. Im Gegensatz zu den Hotels vermietete diese die Fahrzeuge relativ häufig und für einen längeren Zeitraum an Interessierte. Dies war vor allem darauf zurückzuführen, dass ein Elektrofahrzeug direkt vor der Therme Bad Wörishofen positioniert war, die auch von jüngeren und technikaffineren Gästen aus der ganzen Region besucht wird.

Die Destination **Füssen/Hopfen am See** wurde vor allem ausgewählt, da mit dem Biohotel Eggensberger bereits eine stark umweltorientierte Gästeklientel vorhanden zu sein schien. In Füssen/Hopfen am See zeigte das große Engagement der Beherbergungsbetriebe und der Kurverwaltung, dass es wichtig ist, die Vermietung der Elektrofahrzeuge mit weiteren Aktivitäten und Angeboten zu einem Erlebnis zu verknüpfen. Neben den Einzelvermietungen organisierten sie regelmäßige Kaffee- und Probefahrten und konnten dadurch viele Testfahrten für das Projekt generieren. Insbesondere die Gäste des umweltbewussten Biohotels wiesen eine hohe Affinität zum

Thema auf, so dass eine große Anzahl von Tages- und Halbtagesvermietungen zustande kamen.

Mit **Oberstdorf** wurde der bekannteste und mit 2,4 Mio. Übernachtungen der übernachtungsstärkste Urlaubsort im Allgäu in das Projekt aufgenommen. Aufgrund seiner Ausrichtung auf Gesundheit und Lifestyle wurde **Obers- taufen**, das angesichts seiner Vielzahl an 4- und 5-Sterne-Häusern über eine sehr kaufkräftige Klientel verfügt, in das Projekt eE-Tour Allgäu einbezogen. An beiden Standorten konnte ein weiteres Phänomen festgestellt werden: Das Fahrzeugmodell ist für die Nachfrage entscheidend. Der Fiat 500, der ein sehr ansprechendes und hochwertiges Design hat, wurde öfters an das gehobene Gästeklientel der 4- und 5-Sterne-Häuser vermietet als das Modell Think, dessen Karosserie aus Kunststoff besteht.

wie bereits erwähnt, die meisten Gäste mit ihrem eigenen PKW ins Allgäu an und sehen deshalb keine Veranlassung, ein Elektrofahrzeug zu mieten, das ihnen darüber hinaus durch die Verleihgebühren Mehrkosten bereitet. Ein erfolgreicher Einsatz von Elektrofahrzeugen für Urlaubsgäste bedarf daher eines Mobilitätskonzepts, das bereits an der Haustür im Heimatort des Gastes beginnt.

Anforderungen an erfolgreiche Geschäftsmodelle „Elektromobilität und Tourismus“

Ein wichtiges Ziel des Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität der Bundesregierung ist die Stimulierung von Märkten. Hierzu sollten unter Einbezug der unterschiedlichen Nutzergruppen Geschäftsmodelle entwickelt und gegebenenfalls Anwendungen diversifiziert werden. Zur Realisierung dieses Ziels



Abb. 3.39: die unterschiedlichen Fahrzeugmodelle (hier Fiat 500, SAM und Stromos) sprechen sehr unterschiedliche Zielgruppen an

In allen vier Partnerorten wurden unterschiedliche Preismodelle getestet. Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass von den Gästen nur ein geringerer Preis als bei Autos mit Verbrennungsmotor akzeptiert wird. Die scheinbar niedrige Reichweite wird klar als Wettbewerbsnachteil betrachtet. Auch reisen,

sollten die Elektroautos über Beherbergungsbetriebe und Tourismusinstitutionen an Gäste vermietet werden. Das Projekt hat gezeigt, dass die Grundlage einer erfolgreichen Vermarktung von E-Mobilitätsangeboten vor allem ein ökonomisches Interesse der Verleihstationen bildet. Konnten die Beherbergungsbetriebe hierzu noch eine ökologieaffine Gästezielgruppe aufweisen, erzielten sie nicht zuletzt vor dem Hintergrund eines durchgängigen Betriebskonzeptes beachtliche Ergebnisse.

Abb. 3.40: Geschäftsmodell „Elektromobilität und Tourismus“

Geschäftsmodell „Elektromobilität und Tourismus“	
Geschäftsidee	• Verleih der Elektrofahrzeuge über Beherbergungsbetriebe und Tourismusinstitutionen an Gäste im Allgäu
Kooperationen und Beteiligungen	• Zusammenarbeit mit Hotels, Tourismusinformatoren, einem Carsharer und einer Autovermietung
Kundengruppen	• Touristen und interessierte Einheimische
Fahrzeugtypen	• heterogene E-Fahrzeugflotte
Betrieb der Flotte	• Management durch internetgestütztes Buchungsportal, intelligentes Navigationssystem, Abgabe und Einweisung der E-Autos durch Mobilitätspartner
Erlösmodell	• Einnahmen durch Tages-, Halbtages- und Kurzzeitvermietung, teilw. integriert in tour. Pauschalangebote
Kostenmodell	• Anschaffungs- und Unterhaltskosten der E-Fahrzeuge

Die von eE-Tour Allgäu eingesetzten Elektrofahrzeuge stellen eine sehr heterogene Flotte dar und unterscheiden sich erheblich in Ausstattung und Design. Das jeweilige Fahrzeugmodell hat, wie die Erfahrungsberichte belegen, eine große Auswirkung auf die Nachfrage. Die entscheidenden Parameter in der Elektromobilität wie Reichweite und Ladezeiten sind jedoch durchwegs für eine touristische Nutzung der Fahrzeuge ausreichend. Auch erfüllen Elektromobile mit nur zwei Sitzplätzen die Anforderungen der meisten Gäste, denn wie bereits erwähnt, sind knapp drei Viertel der Urlauber alleine oder zu zweit in der Region unterwegs.

Probanden, die ein Elektroauto getestet haben, empfanden das E-Mobilfahren häufig als Erlebnis. Das Fahren ohne störendes Motorengeräusch oder auch die sofort anliegende Traktion beim Anfahren begeisterten die Urlaubsgäste. Diesen positiven Erfahrungen standen im Feldversuch jedoch erhebliche Mängel bei der technischen Zuverlässigkeit der Fahrzeuge entgegen. Neuere eingesetzte Modelle scheinen jedoch den Qualitätsstandards von Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotoren mittlerweile sehr nahe zu kommen.

Das Management der Fahrzeugflotte wurde durch ein internetbasiertes Buchungsportal unterstützt. Die unterschiedlichen Elektrofahrzeuge erforderten einen sehr hohen zeitlichen und damit kostenintensiven Aufwand der Beherbergungsbetriebe bei der Einweisung der Touristen mit den Elektromobilen. Bedienungsabläufe am Elektroauto müssen deshalb vereinfacht und an den gewohnten Umgang mit herkömmlichen Fahrzeugen angepasst werden. Darüber hinaus waren im Feldversuch E-Mobilitätsangebote immer dann erfolgreich, wenn die Fahrzeugnutzung mit weiteren Aktivitäten und Erlebnissen zu eigenen Events verknüpft wurden. Voraussetzung ist deshalb ein kreatives Engagement seitens der Fahrzeuganbieter.

Es zeigte sich weiterhin, dass ein intelligentes Navigationssystem mit präziser Reichweitenabschätzung die Attraktivität der Fahrzeuge ebenfalls erhöht: Es gleicht den gefühlten Nachteil der geringeren Reichweite gegenüber Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor aus. Ein flächendeckendes Ladesäulennetz erhöht darüber hinaus das Sicherheitsempfinden der Touristen, ihr Fahrziel auch zu erreichen. Während des Projektes konnte jedoch festgestellt werden, dass sich die tatsächlichen Ladevorgänge auf den Heimatstandort des Fahrzeugs konzentrierten.

Im Projekt wurden unterschiedliche Preismodelle bei der Tages-, Halbtages- und Kurzzeitvermietung (zwei Stunden) getestet. Bei kürzeren Vermietzeiten wurde, bedingt durch die benötigte Ladezeit, eine Kilometerbeschränkung eingeführt. Ursprünglich betrug der Mietpreis dem der in der Region für

Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor üblichen Tagespauschale von 49 EUR. Dieser Preis war nur in den seltensten Fällen durchsetzbar. Deshalb erforderte die scheinbar niedrigere Reichweite gegenüber Autos mit Verbrennungsmotor sowie die geringere Erfüllung der Ansprüche an Haptik, Optik, Usability, Sicherheit und Zuverlässigkeit einen Ausgleich durch einen entsprechend niedrigeren Mietpreis.

Für eine erfolgreiche Markteinführung ist es unabdingbar, dass Elektrofahrzeuge in ihrer Zuverlässigkeit und Haptik den Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor gleichwertig werden. Hinsichtlich der Kosten kann eine touristische Elektroflotte nur dann betrieben werden, wenn es gelingt, Skaleneffekte bei der Anschaffung der Fahrzeugflotte sowie in der Pflege und Wartung zu nutzen. Darüber hinaus zeigte sich, dass eine ausreichende Nachfrage im Allgäu allein aus der Zielgruppe der Gäste in der Region nicht generiert werden kann, reisen doch 80% der Allgäuer Touristen mit dem eigenen PKW an und nutzen diesen auch zum Kennenlernen der Region.

Vor diesem Hintergrund werden touristische Geschäftsmodelle im Allgäu nur dann erfolgreich sein, wenn die Elektromobilität in multimodale Mobilitätskonzepte, d.h. als ein Mobilitätsbaustein in Kombination mit anderen Verkehrsträgern, eingebunden wird. Nur wenn es gelingt, dem Urlaubsgast komfortable Möglichkeiten zur Anreise in die Region zu bieten, kann eine ausreichende touristische Nachfrage für das E-Mobilangebot vor Ort generiert werden. Zudem müssen neben den Touristen weitere Zielgruppen eingebunden werden wie Einheimische, Kommunen und Unternehmen aus der Region, die die Fahrzeuge gemeinschaftlich an dezentralen Standorten nutzen. Die im Projekt durchgeführte regionale Netzwerkarbeit sowie die Befragung von Gästen, Beherbergungsbetrieben und Kommunen hat gezeigt, dass sowohl auf Anbieter- (Tourismsgemeinden und Beherbergungsbetriebe) als auch auf Nachfragerseite (Touristen im Allgäu, Einheimische, öffentliche Institutionen) eine große Bereitschaft vorhanden ist, das Thema Elektromobilität auf allen Ebenen weiterzuentwickeln.

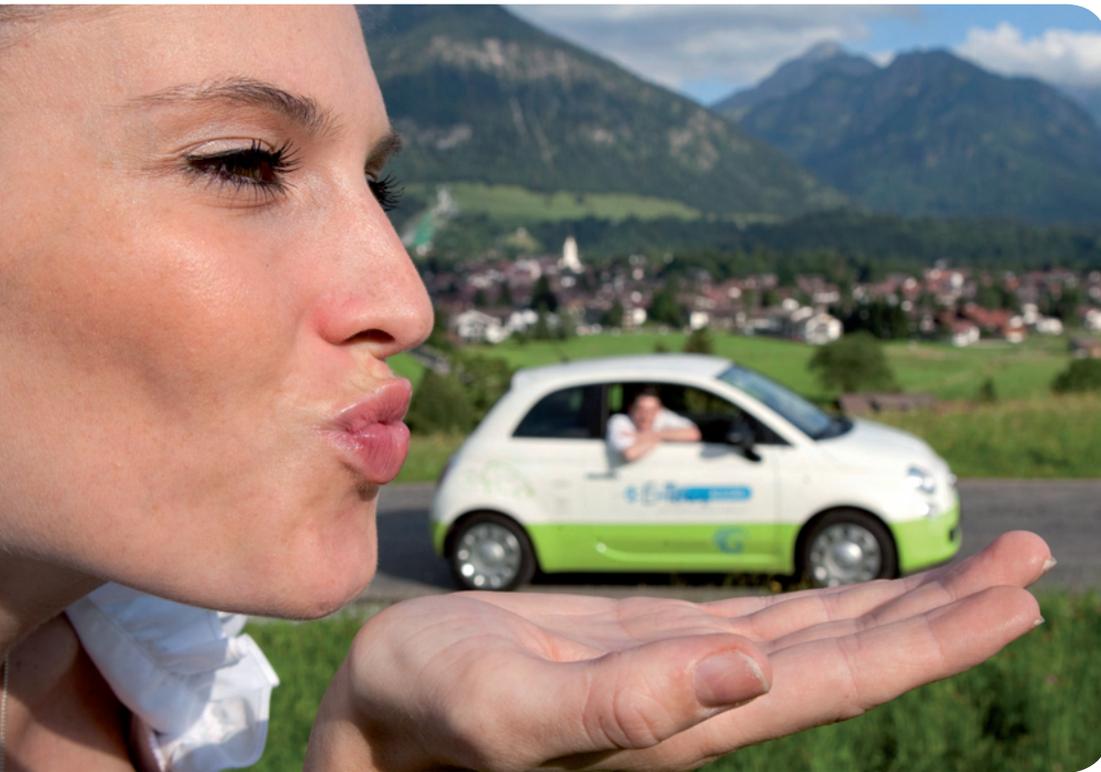
3.8 Resümee aus Sicht der Hochschule Kempten

Fazit

Über den Zeitraum von zwei Jahren wurde an der Hochschule Kempten eine heterogene Fahrzeugflotte von über 40 Elektrofahrzeugen aufgebaut und in einem umfangreichen Feldversuch getestet. Hierbei standen zum einen technische Fragestellungen und zum anderen Einsatzmöglichkeiten der Elektromobilität im Allgäuer Tourismus im Vordergrund. Über Beherbergungsbetriebe wurden die Fahrzeuge an Touristen und Einheimische abgegeben, sodass durch eine hohe Anzahl an Testfahrten eine breite Datenbasis für die Forschung generiert werden konnte.

Früh zeigten sich im Projekt Schwachstellen bei den eingesetzten Fahrzeugen sowohl hinsichtlich des Komforts als auch in der Zuverlässigkeit. Insbesondere herkömmliche Fahrzeugmodelle, die zu Elektrofahrzeugen umgebaut worden waren, veränderten durch die notwendigen Einbauten ihre Fahreigenschaften z.T. zum Nachteil. Neuere von Großserienherstellern entwickelte Modelle, die in der Endphase des Projekts eingesetzt wurden, kommen jedoch den Qualitätsstandards von Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotoren mittlerweile sehr nahe. Eine erfolgreiche Markteinführung der Elektromobilität wird künftig davon abhängen, inwieweit es gelingt, die Zuverlässigkeit, den Komfort und die Haptik der Elektrofahrzeuge an die Standards der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor anzunähern.

Grundsätzlich konnte jedoch festgestellt werden, dass die verfügbaren Reichweiten der Fahrzeuge von durchschnittlich rund 100 km für einen touristischen Einsatz im Allgäu ausreichend sind. Der Aktionsradius der Gäste in der Region liegt in den meisten Fällen weit unter den zur Verfügung stehenden Reichweitenpotenzialen. Dem steht aber häufig eine gefühlte Unsicherheit des Fahrers entgegen, sein gewähltes Fahrziel auch zu erreichen – man fährt wie „auf Reserve“.



Zur Verbesserung der Akzeptanz der Elektromobilität ist aus diesem Grund eine präzise Reichweitenermittlung und Reichweitenanzeige von großer Bedeutung. Herzstück der in eE-Tour Allgäu entwickelten IKT-Lösung ist daher ein intelligentes Navigationssystem, das auf Basis eines umfassend getesteten Energiemodells dem Fahrer fortwährend den Ladezustand und den noch möglichen Aktionsradius anzeigt. Mit dieser Lösung ist es möglich, den oft gefühlten Nachteil der geringen Reichweite auszugleichen. Ein weiterer wichtiger Baustein der entwickelten Informations- und Kommunikationstechnologie ist das internetbasierte Flottenmanagement- und Buchungsportal, das den Betrieb und den Verleih der Elektrofahrzeuge unterstützt. Das Projekt eE-Tour Allgäu an der Hochschule Kempten hat durch seine Zusammenarbeit mit Kommunen, Wirtschaft, Einheimischen und Gästen gezeigt, dass in der Region eine große Bereitschaft besteht, Elektromobilität auf allen Ebenen im Allgäu weiter zu entwickeln.

Weitere Aktivitäten zur Elektromobilität an der Hochschule Kempten

Elektromobilitäts-Forum Allgäu

Bereits im Sommer 2010 wurde auf Einladung der Hochschule Kempten das

Elektromobilitätsforum Allgäu ins Leben gerufen. Zielsetzung des Forums sind neben dem Kennenlernen anderer Firmen der Region, die an unterschiedlichsten Entwicklungen zur Elektromobilität arbeiten, ein außerwettbewerblicher Erfahrungsaustausch, die Identifikation gemeinsamer Interessen und Synergien und möglicher gemeinsamer Aktivitäten und Projekte, bis hin zur Definition von Themen für F&E-Vorhaben, die im Arbeitskreis gemeinsam mit der Hochschule bearbeitet werden. Ein weiterer wichtiger Tagesordnungspunkt hierbei war die Einbindung der Elektromobilität und der damit in der Region befassten Unternehmen in die Lehre an der Hochschule Kempten.

Technologiezentrum Elektromobilität

Neben bereits beantragten Folgeprojekten steht in Kürze die Gründung des Technologienetz Allgäu bevor, mit dem damit verbundenen Aufbau von Technologiezentren in Memmingen, Kaufbeuren und Kempten. Die Aufgabe des Technologiezentrums „Elektromobilität“ an der Hochschule Kempten wird sein, als direkte Kontaktstelle zwischen örtlichen Firmen und der Hochschule zu fungieren und dabei auch Weiterbildungsangebote zu spezifischen Themen anzubieten. Neben der Beantragung und

Abwicklung von öffentlich geförderten F&E-Vorhaben, können künftig auch Dienstleistungsprojekte im Auftrag von Unternehmen durchgeführt werden.

Lehrveranstaltung zur Elektromobilität

An der Hochschule Kempten wurde mit den Industriepartnern des Elektromobilitätsforums eine Lehrveranstaltung „Elektromobilität“ konzipiert die ab dem Sommersemester 2012 allen Studierenden der technischen Fachrichtungen angeboten werden soll. Der Inhalt der als Wahlpflichtfach angelegten Veranstaltung mit 2 SWS an der Hochschule Kempten soll einerseits die grundlegenden Themen der Entwicklung von Elektroautos und der Einführung der Elektromobilität darstellen. Andererseits sollen die spezifischen Arbeitsgebiete der in der Region in diesem Technologiefeld tätigen Firmen aufgezeigt werden. Die Lehrveranstaltung wird daher zu Hälfte von Professoren der verschiedenen Fakultäten der Hochschule und zur anderen Hälfte von Vertretern der Firmen des E-FA gestaltet. So werden auch erste Kontakte der Firmen zu den Studierenden systematisch angelegt und nicht zuletzt eine Qualifizierung der Absolventen in diesem noch recht neuen Umfeld ermöglicht. Im Fachbereich Maschinenbau wird ein Wahlpflichtfach mit 4 SWS „Antriebssysteme für Hybrid- und Elektrofahrzeuge“ ab Sommersemester 2012 angeboten. Ein Berufsbegleitender Bachelorstudiengang „Automobiltechnik mit Schwerpunkt Elektromobilität“ befindet sich in der Konzeptionsphase.

Integration regenerativer Energien und Elektromobilität - IRENE

Im Rahmen des Verbundprojekts IRENE widmen sich die Allgäuer Überlandwerk GmbH, Siemens, die Hochschule Kempten und die RWTH Aachen den technischen und wirtschaftlichen Lösungen für künftige Herausforderungen von Verteilnetzbetreibern, wie sie sich aus der Volatilität der dezentralen Einspeisungen und der zu erwartenden Verbreitung von Elektrofahrzeugen ergeben.





4. Soloplan



Soloplan

4.1 IKT Systemüberblick

Einleitung

Um einen Weg für die Nutzung erneuerbarer Energien mit dem Betrieb einer Elektrofahrzeugflotte aufzuzeigen, wurde der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) im Rahmen dieses Projektes ein besonderer Stellenwert zu teil. Das Know-How der Firma Soloplan GmbH stellt dabei die Basis des IKT Systems. Dabei kommen verschiedene Technologien und Systeme zum Einsatz. Die größte Herausforderung im Rahmen des Projektes lag in der Integration der verschiedenen Systeme und somit im Zusammenspiel der Komponenten. Der nun folgende Beitrag möchte einen Einblick geben, wie eben diese Integration geschaffen wurde.

Projektziele von Soloplan

Damit die Grundlage für eine effiziente und marktfähige Steuerung einer Flotte von Elektrofahrzeugen für das Allgäu entstehen kann, hatte sich die Soloplan GmbH mit dem Projekt das Ziel gesetzt, eine IKT-Landschaft zu entwickeln und einzurichten. Um dabei alle Anforderungen des Projektes zu erfüllen, standen die folgenden Aspekte im Fokus der Aufmerksamkeit.

Sichere und skalierbare Kommunikationsinfrastruktur

Da dieser Themenbereich als einer der Grundpfeiler der IKT-Infrastruktur betrachtet werden kann, wird dieser auch in diesem Ergebnisbuch als solcher herausgestellt. Dem Punkt ist ein eigener Beitrag gewidmet, in dem ausführlich erläutert wird, aus welchen Gründen man sich für die jetzige Lösung entschieden hat.

Anbindung einer heterogenen Flotte

Um Forschungsdaten für Projektpartner und Daten für die Umsetzung der Elektromobilitätsfunktionen erfassen zu können, mussten verschiedenste Schnittstellen zwischen neuen und bestehenden Systemen integriert werden.

Einfache und intuitive Bedienung der Lösung

Um die Akzeptanz der Lösung beim Kunden sicherzustellen, wurde in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern darauf geachtet, die Oberflächen intuitiv zu gestalten. Für den Car-PC wurde dafür eigens eine Studie zur

Benutzbarkeit durchgeführt. Die Ergebnisse wurden in einem iterativen Prozess sukzessive in die Anwendung übernommen. Insbesondere beim Car-PC sollte durch spezifische Funktionen, wie die Anzeige der aktuellen Reichweite sowie deren Darstellung in einer Karte, sichergestellt werden, dass die Fahrt im Elektroauto zum positiven Erlebnis wird. Sollten dennoch Probleme auftreten, gibt es die Möglichkeit direkt einen Notruf zu einem Servicemitarbeiter abzusetzen.

Zentrale Verwaltung

Es wurde eine Oberfläche benötigt, um alle notwendigen Aufgaben und Informationsströme zusammenzuführen und den unterschiedlichen Anforderungen der Partner Rechnung zu tragen.

Einfacher Zugriff

Für die Hoteliers wurde ein Web-Portal geschaffen um z.B. die Reservierung eines Fahrzeugs oder eine schnelle Flottenübersicht zu ermöglichen.

Auswertungsmöglichkeit

Es wurden Schnittstellen implementiert, um sämtliche erfasste Daten abzugreifen und diese anschließend aufbereiten und konsolidieren zu können.

Systemumsetzung

Der wesentliche Aufgabenbereich der Firma Soloplan lag in der Entwicklung und Bereitstellung des Car-PC, dem Web-Portal, der Mobilitätszentrale sowie den nötigen Schnittstellen zwischen diesen Systemen, um die gesteckten Projektziele zu verwirklichen. In diesem Abschnitt wird erläutert, wie diese Aufgaben umgesetzt wurden und wie die Integration der verschiedenen Systeme und Anforderungen bewerkstelligt wurde.

Der Car-PC

Das IKT-System basiert auf der individuellen Datenerfassung, Verarbeitung und Kommunikation der einzelnen Fahrzeuge, die in einem sogenannten Car-PC, einem fest eingebauten Gerät, realisiert werden. Der Car-PC erfasst die für die Sicherung der Mobilität relevanten Daten der Batterie, Navigationsdaten des Fahrzeuges sowie Wünsche des Nutzers. Diese Geräte kommunizieren autark mit dem eE-Tour Allgäu-Server. Daraus ergibt sich, dass jedes in der Flotte zugelassene Elektrofahrzeug am eE-Tour Allgäu-Server angemeldet ist und Informationen, wie z.B. Ladezustand der Batterie, Reichweite, Fahrziel usw. zum Server sendet. Die Wahl der Hardware für den Car-PC war von vielen Faktoren beeinflusst. Zum einen muss das Gerät robust sein und auch bei extremen Betriebstemperaturen (- 40 °C bis + 70 °C) funktionsfähig sein. Außerdem wurden für den Einsatz Schnittstellen wie CAN, serielle Schnittstellen, GPRS und GPS benötigt. Diese und noch weitere Eigenschaften, wie Prozessor, Speicher, Display und letztendlich auch der Preis, waren ausschlaggebend für die Wahl

des Produkts Teledrive der Firma IAV als Hardware Plattform. Dass das .NET Compact Framework auf dem Gerät vorinstalliert ist, hat den Entwicklungsprozess deutlich beschleunigt, da die Grundarchitektur und einzelne Komponenten aus der Anwendung CarLo® -inTOUCH¹ übernommen werden konnten.

Abbildung 4.2 zeigt eine vereinfachte Architekturübersicht der Car-PC Anwendung.

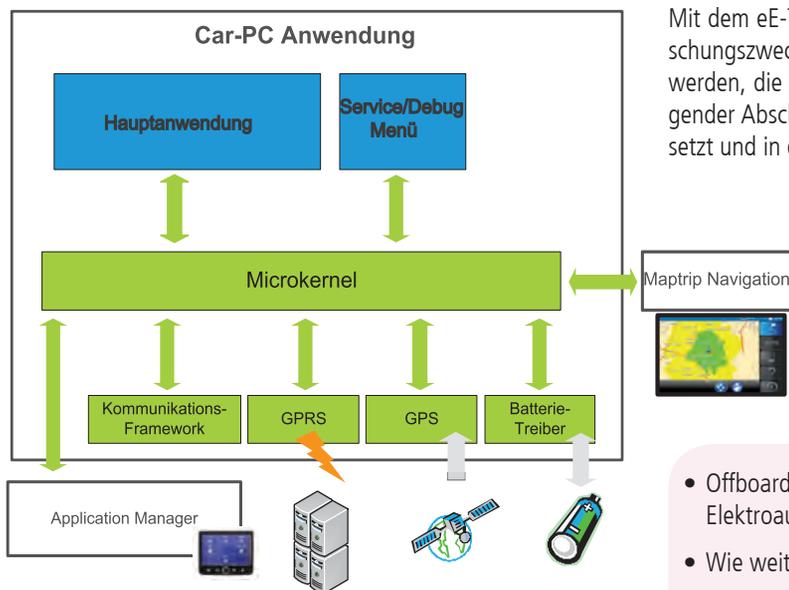


Abb. 4.1: Car-PC Softwarearchitektur

Die zentrale Schnittstelle der Car-PC Anwendung ist der Kernel. Wenn die Anwendung gestartet wird, werden alle Komponenten geladen und im Kernel registriert. Die Kommunikation zwischen den einzelnen Komponenten erfolgt nur über entsprechende Kontrakte. Durch diese Vorgehensweise sind die einzelnen Module lose gekoppelt und ein Austausch einer Komponente wie z.B. eines Batterietreibers ist ohne weiteres möglich.

Datenerfassung und Schnittstellen

Die extrem heterogene Fahrzeuglandschaft macht eine sehr flexible Treiberintegration, insbesondere was die Anbindung der Batteriedaten an das System betrifft, unabkömmlich. Dies rührt daher, dass jeder Fahrzeughersteller unterschiedliche Schnittstellen an das Batterie-Management-System bereitstellt. Die Entwicklung dieser Batterietreiber gestaltete sich in den meisten Fällen schwierig, da die Hersteller nur wenig Einblick in ihre Entwicklung geben. Es waren keine klaren Schnittstellenbeschreibungen verfügbar, so dass über Reengineering das Verhalten der Schnittstelle ermittelt wurde. Außerdem mussten die unterschiedlichen Anforderungen der Projekte eE-Tour Allgäu und Smart Wheels² berücksichtigt werden. Auf Seiten des Car-PC wurde diese Integration durch die Entkopplung der Treiberschicht erreicht. Somit können unterschiedliche Fahrzeuge auch unterschiedliche Treiberkomponenten am System registrieren.

Die erfassten Daten werden über die Kommunikationsschnittstelle zum Server gesendet und dort in der Forschungsdatenbank abgelegt. Für die Projektpartner findet je Fahrzeug ein täglicher

Export dieser Daten statt. Diese sind über eine FTP-Schnittstelle zugänglich. Beim Smart Wheels Projekt existiert zusätzlich eine SOAP-Schnittstelle, um die Daten auch in Echtzeit abrufen zu können. Eine solche Schnittstelle wird unter anderem für eine externe Ladesteuerung benötigt. Dadurch kann der Server bestimmen, mit welcher Leistung das Fahrzeug geladen wird.

Elektromobilitätsfunktionen

Mit dem eE-Tour Allgäu Projekt sollten nicht nur Daten für Forschungszwecke erfasst, sondern auch Funktionen umgesetzt werden, die sich speziell mit Elektromobilität beschäftigen. Folgender Abschnitt widmet sich diesen Funktionen, wie sie umgesetzt und in das Gesamtsystem integriert wurden.

Ein erstes Ziel war es, dem Touristen eine einfache Navigationsmöglichkeit, die auf „Tourismus im Allgäu“ zugeschnitten ist, an die Hand zu geben. Gleichzeitig wurde begonnen, die ersten Forschungsdaten zu sammeln. Die zum Großteil elektro-spezifischen Funktionen wurden im späteren Verlauf hinzugefügt.

- Offboard Navigation: Energieoptimiertes Routing für Elektroautos
- Wie weit komme ich noch? (Reichweitenkarte)
- Synchronisation der Sonderziele und Ladesäulen mit der Mobilitätszentrale
- Routenvorschläge für den aktuellen Knotenpunkt (Hub)

Diese Funktionen beschränken sich nicht nur auf den Car-PC, auch in der Mobilitätszentrale und im Web-Portal kann darauf zugegriffen werden.

Der Weg einer Routinganfrage:

An dieser Stelle soll ein „Blick hinter die Kulisse“ geworfen werden, indem betrachtet wird, welchen Weg eine Navigationsanfrage des Nutzers durch das IKT-System nimmt, um schlussendlich eine Route oder eine Reichweitemaussage zu liefern.

Im ersten Schritt stellt der Nutzer eine Navigationsanfrage. Eine solche Anfrage besteht aus der aktuellen Position, der Zieladresse und dem aktuellen Ladezustand des Fahrzeugs. Die Zieladresse für diese Anfrage ist dabei entweder fest vorgegeben, wie es bei Sonderzielen der Fall ist, oder die Adresse wurde bereits auf dem Gerät ermittelt.

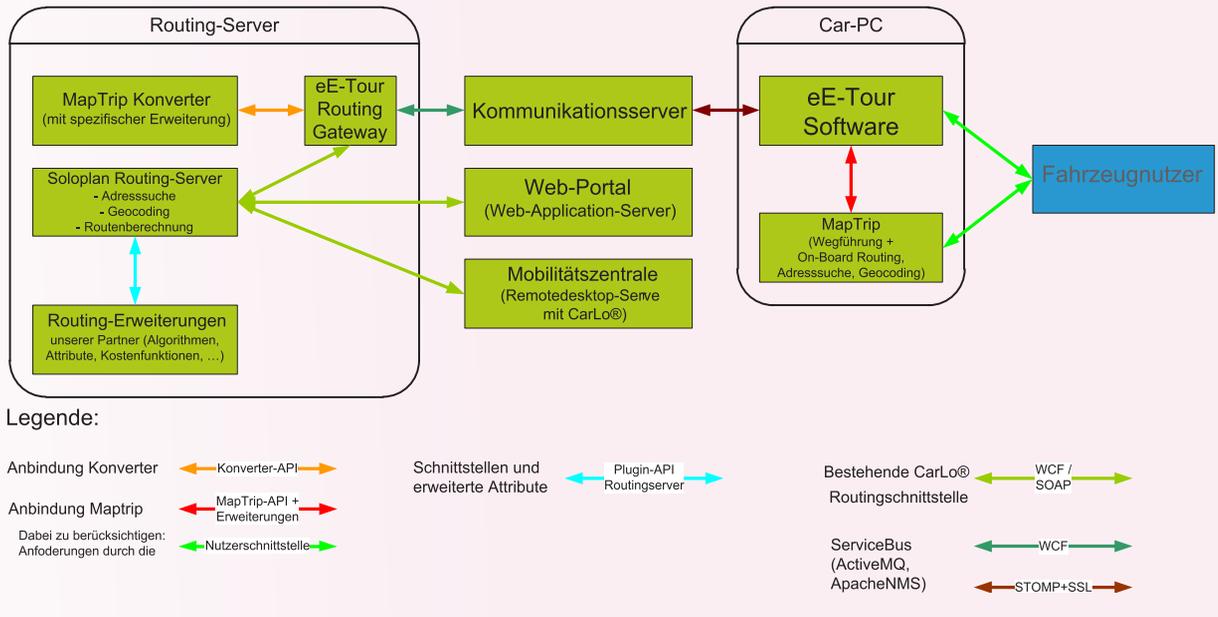
Die Anfrage wird nun über das Kommunikationsframework an den eE-Tour-Allgäu Server geschickt. Der Server nimmt diese Anfrage entgegen und ruft zusätzliche Informationen wie z.B. das Fahrzeugprofil von der Mobilitätszentrale ab.

Daraufhin gibt der Server die Anfrage an das Routing Gateway weiter, welches die Schnittstelle zum Soloplan Routing Server ist. Letzterer empfängt die Anfrage und leitet diese an die Implementierungen der Projektpartner, welche die elektro-spezifischen Algorithmen umsetzen, weiter. Das Ergebnis wird anschließend

¹ Telematikanwendung von Soloplan

² Partnerprojekt aus der Modellregion Aachen

Abb. 4.2:
Systemüber-
sicht - Routing



entlang derselben Kette zum Client zurückgereicht. Das Routing Gateway hat dabei noch eine Sonderfunktion: Es ist nicht nur die Schnittstelle zum Routing Server sondern auch ein Konverter, der alle nötigen Umwandlungen vornimmt, damit das Ergebnis, in Form einer Route oder die Reichweitenkarte, später auf dem Client mit der Navigationsanwendung von Maptrip dargestellt werden kann.

Die Mobilitätszentrale stellt folgende Funktionen bereit:

- Flottenübersicht und Positionsmanagement
- Authentifizierung und Autorisierung der Nutzer und Fahrzeuge
- Fahrzeugverwaltung und –status
- Kundenportal, Reservierung und Information
- Auswertungen

Soloplan GmbH

Die Kernkompetenz der Soloplan GmbH liegt im Bereich der Software für Logistik und Planung. Mit dem Hauptprodukt CarLo® können sehr viele Anforderungen für die Verwaltung einer Flotte abgedeckt werden. Die Software CarLo® wird als Grundlage der Mobilitätszentrale verwendet. Hier waren jedoch noch Erweiterungen nötig, um z.B. die Kommunikation der einzelnen Fahrzeuge mit dem eE-Tour-Server zu konfigurieren.

Wie bereits erwähnt, sind die Positionen der Fahrzeuge und Ladesäulen sowie die Reichweitenprognose auch über die Mobilitätszentrale und das Web-Portal zugänglich. Diese Anwendungen haben den Vorteil, dass sie direkt auf diese Information zugreifen können und bezüglich der Reichweitenprognose auch einen direkten Zugriff auf den Routing-Server haben, ohne eine Konvertierung durchführen zu müssen.

Flottenverwaltung

Das effiziente Management der Fahrzeugflotte ist ein entscheidendes Kriterium für die Akzeptanz der Gesamtlösung. Die Verwaltung aller Ressourcen und die Bereitstellung der notwendigen Kapazitäten ist dabei eine wesentliche Säule.

Zwei wichtige Gesichtspunkte sind dabei besonders zu berücksichtigen. Zum einen galt es je nach Anwender unterschiedliche Anforderungen abzudecken und adäquate Informationen bereit zu stellen. Zum anderen musste darüber hinaus auch bei der Verwaltung auf die elektro-spezifischen Anforderungen Rücksicht genommen werden. Für diese Zwecke wurde die Mobilitätszentrale entwickelt. Die Mobilitätszentrale ist das Herzstück der IKT im eE-Tour Allgäu Projekt. An dieser Stelle werden die Informationen von unterschiedlichen Quellen gebündelt, aufbereitet und strukturiert. Zudem findet hier die Interaktion der unterschiedlichen Anwendergruppen mit dem System statt.

Reservierung und Vermietung

Im Rahmen des eE-Tour Allgäu Projekts werden die Elektrofahrzeuge an Hotels vergeben. Die Hoteliers vermieten die Fahrzeuge anschließend an die Touristen im Allgäu. Eine Aufgabe war es nun, die Reservierung und Vermietung von Fahrzeugen zu regeln. Theoretisch wäre es möglich gewesen, allen Hoteliers einen direkten Zugriff auf die Mobilitätszentrale zu geben. Der technische und administrative Aufwand hätte sich dadurch jedoch erheblich erhöht. Aus diesem Grund wurde eine Webschnittstelle auf Basis von ASP.NET entwickelt, in der die wichtigsten Funktionen direkt zur Verfügung stehen. Das sogenannte Web-Portal erlaubt je nach Berechtigung des angemeldeten Benutzers, das Anlegen von Fahrern, die Reservierung von Fahrzeugen, sowie die Erstellung von Mietverträgen. Außerdem können die aktuellen Daten der Fahrzeuge in einer Karte eingesehen werden.

Die Mobilitätszentrale (CarLo®) bietet bereits alle Funktionen, welche durch das Web-Portal angeboten werden sollen. Das Web-Portal war eine vollständige Neuentwicklung. Um die Funktionen der Mobilitätszentrale auch im Web-Portal zugänglich zu machen, mussten entsprechende Schnittstellen angebunden und Portierungen durchgeführt werden.

Ein Beispiel dafür ist das Rechtesystem: In der Mobilitätszentrale werden Benutzer mit entsprechenden Rechten gepflegt, deren Änderungen sich nicht nur in der Mobilitätszentrale sondern auch im Web-Portal auswirken.

Ein weiteres Beispiel für die Integration ist die Karte, die vollständig aus der Mobilitätszentrale in die Webanwendung portiert wurde. Auch hier hat der Benutzer einen direkten Zugriff auf die Fahrzeugflotte und bekommt damit einen Überblick über Standort, Ladestand und prognostizierte Reichweite seiner Fahrzeuge. Um dem Anwender dies zu ermöglichen, mussten einige Hürden überwunden werden.

Das Fahrzeug sendet regelmäßig Daten, wie Position und Ladestand, zum Server. Diese Daten werden zuerst in der Forschungsdatenbank gespeichert. Daraufhin wird der jeweils aktuellste Datensatz automatisch an die Mobilitätszentrale übergeben. Auf diese Daten kann anschließend auch das Web-Portal bei einer Aktualisierung der Karte direkt zugreifen, so dass auch hier eine Änderung sofort angezeigt werden kann.

Resümee

Im Rahmen des Projekts eE-Tour Allgäu wurde ein leistungsfähiges IKT-System geschaffen, welches eine sehr gute Grundlage bietet, um eine Flotte von Elektrofahrzeugen zu betreiben. Durch den flexiblen Aufbau kann das IKT-System zudem für weitere Anforderungen verwendet und ausgebaut werden.

Die Oberfläche des Car-PC ist im Moment stark an die Anforderung eines Touristen ausgerichtet. Die Fahrzeuge werden jedoch auch für andere Zwecke, beispielsweise als Firmenfahrzeuge, eingesetzt. Für diese Anforderungen wäre eine andere Oberfläche bzw. Anwendung von Nöten. Der Betrieb der Car-PC Anwendung könnte durch eine Dynamisierung der Kommunikations-Authentifikation erleichtert werden. Zum Beispiel würde sich durch eine losere Kopplung von Fahrzeug zu Kommunikationsendpunkt die Anzahl der Installationspakete von einem Paket pro Fahrzeug auf ein Paket pro Typ oder sogar auf ein einziges Installationspaket reduzieren lassen.

Eine sehr interessante Ausbaustufe wäre auch, eine zusätzliche Smartphone-Lösung anzubieten, mit der die Daten eines Fahrzeugs direkt eingesehen werden können. Das nötige Handwerkzeug ist bereits durch die für das Smart Wheels Projekt durchgeführten Entwicklungen gegeben. Dort gibt es bereits SOAP-Schnittstellen, um die aktuell vom Fahrzeug gelieferten Informationen direkt abrufen zu können.

4.2 Der Weg zur Kommunikationsinfrastruktur

Einleitung

Die Schaffung einer verlässlichen Grundlage zur Kommunikation der Fahrzeuge, bzw. deren IKT-Geräte, und Ladesäulen mit ihren Steuerungszentralen stellte eine der grundlegenden Herausforderungen bei der Realisierung der IT-Infrastruktur für das Projekt eE-Tour Allgäu dar. Insbesondere die Heterogenität der eingesetzten Fahrzeuge und zugehörigen Endgeräte sowie deren räumliche Fragmentierung, bei gleichzeitig vergleichsweise ungünstiger, sprich unzuverlässiger und langsamer Netzanbindung, führten zu einer Reihe von speziellen Anforderungen an die aufzubauende Infrastruktur. Die Wahl der letztlich eingesetzten Kommunikations-

technologien wurde durch diese zum Teil konträren Anforderungen maßgeblich beeinflusst.

Dieser Beitrag greift diesen Bedarf auf und veranschaulicht dessen Konsequenz im Lichte verschiedener bei SoloPlan entwickelten und diskutierten Lösungsansätze. Es zeigt sich, dass insbesondere die Kombination aus existierenden Standards, bzw. entsprechenden Softwarekomponenten, flankiert durch eine problemorientierte Erweiterung und Adaption bestehender Quellen, Erfolg verspricht. Die schließlich verwirklichte Lösung auf Basis asynchroner, nachrichtenorientierter Kommunikation zeichnet sich durch die Konformität zu einer Reihe etablierter Standards und der strikten Trennung der verschiedenen Belange beim Transport der Nachrichten aus.

Kommunikation

Die Teilhabe eines einzelnen Fahrzeugs oder einer einzelnen Ladesäule an einem größeren Gesamtsystem erfordert deren Möglichkeit der Kommunikation mit demselben. Dies zu realisieren ist daher



grundlegend in Bezug auf Effizienz und Effektivität darauf aufbauender IKT-Lösungen. Entsprechende Sorgfalt und Vorausschau galt es daher bei der Auswahl der eingesetzten Mittel zu beweisen.

Abbildung 4.1 veranschaulicht den Fluss einiger wichtiger Daten. Messdaten des Batteriemangagements und Positionsmeldungen der Fahrzeuge werden im Sekundentakt an den Server übertragen und bilden damit eine kontinuierliche Grundlast. Andere Nachrichten hingegen werden durch Ereignisse oder Aktionen ausgelöst. So wird beispielsweise ein Datenaustausch benötigt, wenn der Fahrzeugnutzer die prognostizierte Reichweite in Form eines Kartenoverlays sehen möchte. Oder es treten Fehlerzustände in der Software ein, die zur Analyse an die Zentrale übermittelt werden sollen.

Anforderungen

Um fundiert über die möglichen Varianten zur Kommunikation zwischen Endgeräten und zentralen Diensten entscheiden zu können, galt es zunächst den Blick auf die zu erwartenden Anforderungen zu richten. Als Kern der Anforderungen kristallisierten sich, abgeleitet aus den identifizierten Anwendungsfällen, alsbald:

- Verschlüsselung der Übertragung
- Geringe Latenz („weiches Echtzeitverhalten“)
- Uni- und bidirektionale Kommunikation („Fire-And-Forget & Question-Answer“)
- Transaktionssicherheit
- Einfache Anbindung von Drittsystemen
- Plattformunabhängigkeit

Abb. 4.3 Systemüberblick

- Skalierbarkeit der Infrastruktur („high load, high performance“)
- Verfügbarkeit („high availability“)
- Vertraulichkeit
- Integrität
- Eignung für mobile Endgeräte

Die meisten Anwendungsfälle benötigen nur einen Teil der oben genannten Anforderungen. So können in viele Fällen Daten unter Verzicht auf Verschlüsselung und Transaktionssicherheit übertragen werden, und es werden auch keine speziellen Voraussetzungen an Latenz und Jitter (Abweichungen der Latenz) gestellt. Ebenso sind bei vielen Szenarien - beispielsweise der Übermittlung von Messdaten vom Fahrzeug zum Server - keine Antworten an den Klienten von Nöten. Nichtsdestotrotz muss sich eine geeignete Kommunikationsinfrastruktur in der Lage zeigen, die Gesamtheit der Anforderungen zu erfüllen, damit jeder einzelne Anwendungsfall realisierbar ist.

Realisierungsmöglichkeiten

Vier hinreichend unterschiedliche Lösungsansätze wurden aufgenommen und näher auf ihre Eignung untersucht, sie werden im Folgenden vorgestellt.

Eigenes, proprietäres Nachrichtensystem

Die Entwicklung eines eigenen Systems unter Nutzung vorhandener, grundlegender Transport- und Anwendungsprotokolle (z.B. TCP, IP, SOAP, SSL, etc.) hat den Charme des direkten Einflusses auf die Implementierung. Dem gegenüber steht der hohe Entwicklungsaufwand und die Befürchtung, dass auf Grund mangelnder Kenntnis oder Disziplin bei der Entwicklung auf die Trennung zwischen Transport- und Anwendungslogik verzichtet bzw. diese Trennung nicht sauber ausgearbeitet wird. Auch findet ohne Aufwand von Seiten Soloplan keine Weiterentwicklung des Systems statt - es bietet sich keine Möglichkeit der Partizipation an Fremdleistungen.

Enterprise Service Bus

Ein Enterprise Service Bus stellt eine Software dar, die die Anbindung verteilter Dienste ermöglicht. Zum Zeitpunkt der Entscheidung für eine Lösung im Januar 2010 erschien jedoch unerwartet kein am Markt befindliches Produkt in der Lage, die gestellten Anforderungen zu erfüllen. Die meisten Produkte zeigten sich schwergewichtig und waren daher für mobile Plattformen nicht einsetzbar.

Chat-Protokoll/Dienst

Die Verwendung eines vorhandenen Chat-Protokolls, nebst korrelierendem Dienst, sorgt immanent für eine Trennung von Kommunikationsinfrastruktur und Applikationsprotokoll. Die Eignung eines solchen Konstruktes für eE-Tour Allgäu wurde am Beispiel des XMPP (früher Jabber) Servers Openfire¹ untersucht.

Openfire ist plattformunabhängig und frei verfügbar (Apache License 2.0²). Die Interoperabilität ist wie bei den meisten Chat-Diensten eingeschränkt, da das Übertragungsprotokoll implizit festgesetzt ist. Einfach stellt sich dagegen die Ermittlung der aktiven/angemeldeten Kommunikationsteilnehmer („discovery“) und die bidirektionale Kommunikation dar, da diese Funktionalität zu den Basisaufgaben eines jeden Chat-Systems gehört. Openfire bietet keine Möglichkeiten der Zwischenspeicherung der Nachrichten in der Infrastruktur an. Dies bedeutet eine niedrigere Zuverlässigkeit der Kommunikation gegenüber Message Queueing Systemen, da die Kommunikation nur erfolgreich ist, wenn das Dreigespann aus Klient, Serverdienst und Openfire zeitgleich verfügbar ist.

Alternativen zu XMPP/Openfire stellen beispielsweise Open System for Communication in Realtime (OSCAR) oder Internet Relay Chat (IRC) dar. Bei OSCAR handelt es sich um ein Instant Messaging Protokoll, welches von ICQ und AOL Instant Messenger (AIM) verwendet wird. Leider scheint es nicht möglich, einen eigenen OSCAR-Server zu hosten, was die Verwendung für einen geschlossenen Benutzerkreis stark limitiert. Bei IRC handelt es sich um ein rein textbasiertes Chat-System. Das IRC Protokoll stellt die Administration/Kontrolle der Nachrichten in den Vordergrund und hat seinen Schwerpunkt damit abseits der Projektanforderungen.

Message Oriented Middleware

„Nachrichtenorientierte Middleware bzw. Message Oriented-Middleware (MOM) bezeichnet Middleware, die auf der asynchronen oder synchronen Kommunikation, also der Übertragung von Nachrichten (Messages) beruht.“³

Einfach ausgedrückt: Durch MOM kann ein Klient Nachrichten senden und empfangen - und zwar lose gekoppelt, verlässlich und asynchron. In der Regel werden dabei mindestens die beiden folgenden Kommunikationsmodelle unterstützt.

1. Punkt-zu-Punkt-Verbindung mit dazwischenliegender Warteschlange (Unicast)
2. Anmelde-Versendesystem (Broadcast)

Nachrichten werden dabei zuverlässig vom Server bis zu ihrer Abholung persistiert. Dadurch wird z.B. ein transparenter Neustart des Servers möglich. Stellvertretend für ein MOM-System wurde Apache ActiveMQ⁴ näher evaluiert. ActiveMQ erscheint sehr mächtig und beeindruckt durch seine Interoperabilität und Skalierbarkeit. Systembedingt bietet ActiveMQ keine direkte synchrone Kommunikation zwischen Kommunikationsteilnehmern. Das Apache ActiveMQ NMS⁵ Projekt bietet für .Net eine einfache, protokollunabhängige API. Die aktive Weiterentwicklung des Projektes scheint durch kommerzielle Ableger, wie z.B. den Fuse Message Broker⁶, und Verwendung in Apache Geronimo⁷ gesichert. Dem sehr einfachen Konzept eines Message Brokers steht die relativ hohe Komplexität der Details, beispielsweise bei der Konfiguration, entgegen. Ein „discovery“ der Kommunikationsteilnehmer ist nur mittelbar, z.B. durch die Überwachung sogenannter Advisory-Topics, möglich. Gegenüber Chat-Systemen gestaltet sich daher die Erkennung der aktuell im Netz aktiven Teilnehmer eher

schwierig. ActiveMQ unterstützt, zusammen mit entsprechenden Client-Bibliotheken, diverse Failover-Konzepte. Wie die meisten anderen Message Broker auch, spricht ActiveMQ als Plattform vor allem Java an. Durch die prinzipielle Plattformunabhängigkeit der unterstützten Protokolle ist eine Integration allerdings in fast allen Programmiersprachen denkbar.

ActiveMQ unterstützt den Standard Java Message Service (JMS) v1.1, welcher Bestandteil der Java Plattform, Enterprise Edition (Java EE; früher J2EE) ist. Dieser Standard ist Garant für Stabilität – die JMS Spezifikation wurde am 18. März 2002 veröffentlicht – und erlaubt (zumindest theoretisch) eine einfache Substitution des konkreten Message Brokers. Alternativ könnten andere zur JMS Spezifikation konforme Broker, wie z.B. Sun Microsystems Glassfish/OpenMQ oder JBoss/HornetQ, einspringen.

Wenn man sich mehr auf die Plattformen von Microsoft konzentriert, kann Microsoft Message Queuing (MSMQ) zum Einsatz gebracht werden. MSMQ ist seit Windows NT 4 und Windows 95 Bestandteil der Microsoft Serverbetriebssysteme und direkt in .Net integriert. Die Interoperabilität gestaltet sich mit MSMQ schwierig und der Server ist sehr eng mit dem Microsoft Domain Server bzw. Active Directory verknüpft. Dies gestaltet die freie Verwaltung von Benutzern und deren Rechten schwieriger als bei anderen Brokern. Zur Verwendung auf mobilen Endgeräten müssen dort die Redistributable Server Components for Windows Mobile 5.0 installiert sein (genauer nur die Datei msmq.arm.cab).

Entschluss

Da die Anforderungen höchst unterschiedliche Charakteristiken aufweisen und es noch weitgehend ungewiss war, welche Drittsysteme (z.B. Ladesäulen, etc.) mit welchen Protokollen anzubinden sind, war eine lose und flexible Kopplung der Systeme anzuraten. Eine eigene Implementierung wurde aufgrund der hohen Wahrscheinlichkeit der Entstehung eines monolithischen Systems nur bedingt als Alternative betrachtet. Das Angebot an Enterprise-Service-Bus Implementierungen, welche unsere Anforderungen erfüllen und gleichzeitig für das Compact Framework verfügbar sind, war inexistent bzw. es konnte kein geeigneter ESB gefunden werden. blieb der Einsatz einer Message Oriented Middleware (MOM) bzw. der eines Chat-orientierten Protokolls zur Diskussion. Die wesentliche Unterscheidung zwischen diesen beiden Ansätzen liegt in der Synchronizität der Vermittlung von Nachrichten. Außerdem unterscheiden sich diese Alternativen wesentlich in der Offenlegung der Kommunikationsteilnehmer, sowie der notwendigen Verfügbarkeit der beteiligten Kommunikationssysteme. Es gilt zu beachten, dass MOM-Systeme

prinzipiell eine geeignetere Integrationsbasis für Drittsysteme darstellen. Eine Gegenüberstellung der genannten Unterschiede beider Systeme ergab, dass ein MOM-System gegenüber einem Chat-Protokoll die geforderten Eigenschaften besser abdeckt. Daher kam letztlich ActiveMQ zum Einsatz und bildet bis heute die erfolgreiche Grundlage für die Anbindung der diversen IKT-Geräte an das zentrale Erfassungs- bzw. Steuerungssystem im eE-Tour Allgäu Projekt.

Zusammenfassung

Im Projektverlauf entstand eine solide Vielzweckkommunikationsinfrastruktur für verteilte Systeme/Anwendungen. Daher ist davon auszugehen, dass diese, oder eine ähnliche Infrastruktur, auch bei zukünftigen dieser Problemstellung nahegelegenen Aufgaben Einsatz findet. Die angelegte Infrastruktur zeigt sich ausbaufähig. So könnte man beispielsweise eine zustandslose HTTP-basierte API als Ausgangspunkt nutzen, um die Interoperabilität weiter zu erhöhen. Auch wäre es denkbar, die Clusterfähigkeiten des Brokers auszunutzen, um eine hochverfügbare Umgebung herzustellen. Des Weiteren ließe sich die Integration mit der Mobilitätszentrale verbessern, indem man Authentifizierung und Autorisierung der Kommunikationsinfrastruktur enger an diese koppelt.



¹ <http://www.igniterealtime.org/projects/openfire/>
² <http://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0.html>
³ Wikipedia: Message Oriented Middleware, http://de.wikipedia.org/wiki/Message_Oriented_Middleware (28. Mai 2011)
⁴ <http://activemq.apache.org/>
⁵ <http://activemq.apache.org/nms/>
⁶ <http://fusesource.com/products/enterprise-activemq/>
⁷ <http://geronimo.apache.org/>



5 ■ Move About



Move About

5.1 Kernaufgaben innerhalb des Projekts

Aufbau einer Elektrofahrzeugflotte

Eine der grundlegenden Aufgaben im Rahmen des Projektes war der Aufbau einer Flotte aus für den touristischen Betrieb geeigneten Elektrofahrzeugen. Für den angestrebten Einsatz im Allgäu war hierbei als Randbedingung zu beachten, dass die Fahrzeuge winterfest sein mussten und Reichweiten aufweisen sollten, die Fahrten zu den in der Region verteilten Sehenswürdigkeiten zulassen. Unter Beachtung der vorgenannten Kriterien fiel die Wahl seitens Move About GmbH (MA) auf die Beschaffung von Fahrzeugen des Typs Think City, die in Finnland hergestellt werden und in Flottenbetrieben in Skandinavien seit Jahren erprobt sind.



Neben dem Aufbau der Fahrzeugflotte war auch die Etablierung einer Service Infrastruktur für die technische Absicherung des Flottenbetriebes ein erklärtes Ziel der MA. Die Erreichung dieses Ziels dient nicht zuletzt auch der Verstärkung der erzielbaren Projektergebnisse durch Bereitstellung der benötigten Dienstleistungen für Wartung, Instandsetzung und Teilehandel für die eingesetzten Fahrzeuge. MA konnte hier mit Bosch einen ausgewiesenen starken Partner gewinnen.

Entwicklung von Carsharing-Modellen für Elektrofahrzeuge

Aufgrund der sich ändernden Nutzereinstellungen zur Mobilität und als Antwort auf die Beschränkungen der verfügbaren Elektrofahrzeuge, entstehen weltweit neue Mobilitätskonzepte. Das gemeinschaftliche Nutzen von Fahrzeugen, das sog. Carsharing, ist eine wichtige Möglichkeit den derzeitigen Beschränkungen der Elektromobilität (Reichweite, relativ lange Ladedauern, unbekannte Batterielebensdauer, relativ hohe Fahrzeugkosten) zu begegnen, denn durch die Nutzung von Elektrofahrzeugen in Carsharingflotten (Pools) ist der Nutzer nicht mehr auf ein einzelnes Fahrzeug beschränkt. Er geht kein Investitionsrisiko in diesem neuen Technologiefeld ein, da er das Fahrzeug und die Batterie nur nach Bedarf anmietet. Die Fahrzeuge und Batterien werden deutlich besser ausgelastet und lassen sich daher besser finanzieren.

Abb. 5.1: Evolution des Carsharing hin zu einer vollkommen flexiblen Nutzung

1. Stationsbasiertes Carsharing: In diesen einfachen Modellen, werden die Fahrzeuge wieder an die Ausleihstation zurückgebracht, von der sie aufgenommen wurden.
2. Vernetzte Stationen: Mehrere Stationen werden untereinander vernetzt, um den Kunden eine erhöhte Flexibilität in Form von Einwegmieten anzubieten.
3. Free Floating: Die Fahrzeuge können in einem definierten Gebiet an beliebigen Stellen ad hoc angemietet und wieder zurückgegeben werden.

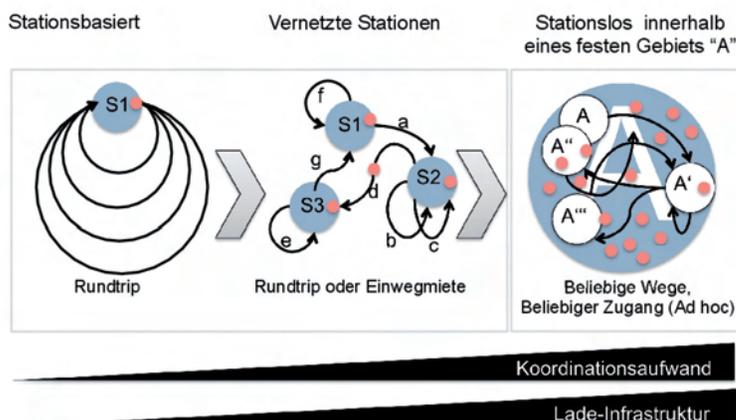
Bei allen Evolutionsstufen des Carsharing fördert ein zeitlicher Abstand zwischen Reservierung und Nutzung die Verfügbarkeit der Elektrofahrzeuge, wenn bei der Reservierung die geplanten Fahrleistungen prognostiziert werden können. Die Fahrzeugdisposition kann in diesem Fall die in einem Fahrzeug vor zu haltende notwendige Energie besser planen und ggf. vorübergehende Energieentnahme durch andere Nutzer (Zwischennutzungen) ausschließen.

Entwurf von Finanzierungs- und Abrechnungsmodellen

Die Neuartigkeit der Elektromobilität und die mit ihr aktuell noch verbundenen hohen Anschaffungskosten der entsprechenden Fahrzeuge erfordern von Beschaffung und Betrieb herkömmlicher Fahrzeuge abweichende Lösungsansätze. So existiert bisher etwa kein Markt für gebrauchte Elektrofahrzeuge, auf dem sich Fahrzeugrestwerte gemäß Angebot und Nachfrage herausbilden, die wiederum bei Fahrzeugfinanzierungen und der

Think City

Der Think City kann eine lange Entwicklungsgeschichte vorweisen, in der das Fahrzeug mehrfach überarbeitet und an den aktuellen Stand der Technik angepasst wurde. Seit 2008 wird der Think in Serie hergestellt und erhielt 2009 als erstes Elektrofahrzeug überhaupt eine PKW-Homologation der EU. Aktuell wird das Fahrzeug in Finnland produziert. Fahrzeugwerte sind: Leistung 34 kW Peak, Batteriekapazität (-typ) 23 kW/h (Li-Ion) o. 24 kW/h (NaNiCl), Reichweite 160 km nach ECE-R101, Höchstgeschwindigkeit 110 km/h (abgeregelt), Leergewicht rd. 1040 kg inkl. Batterie, erhältliche Typen Zweitsitzer, Viersitzer und Nutzfahrzeug.



Betrachtung der Kostenstrukturen eines Fahrzeuges über die Nutzungsdauer im kommerziellen Carsharing Betrieb oder den allgemeinen Lebenszyklus zugrunde gelegt werden können.

Hier galt es im Rahmen des Projektes für den deutschen Raum erste Erkenntnisse zu sammeln, die in den wirtschaftlichen Elektroflottenbetrieb der Move About GmbH einfließen sollen.

Dementsprechend umfassten die untersuchenden Finanzierungsmodelle sowohl den Fahrzeugkauf als auch das Fahrzeugleasing sowie alternative oder ergänzende Finanzierungsformen über Sponsoring/Werbung oder die Einbringung von Fremdfahrzeugen ohne eigenen

Investitionsbedarf des Betreibers durch kostenpflichtige Überlassung von Dritten an den Betreiber. Die hierbei bereits am Markt für Carsharing existenten Lösungen wurden einer Würdigung unter Berücksichtigung der Übertragbarkeit auf das Projekt unterzogen.

Insbesondere der Entwurf von Abrechnungsmodellen musste im Rahmen des Projekts zwangsläufig in einem teilweise konfliktären Lösungsraum bei gleichzeitiger Verfolgung der Ziele eines wirtschaftlichen Betriebes und der Akzeptanzschaffung bei der fokussierten Nutzergruppe stattfinden. Aus diesem Grund wurde in der ersten Projekthälfte zunächst eine kostenlose Abgabe der Fahrzeuge an Touristen durchgeführt, was insbesondere der Akzeptanzsteigerung und der Sammlung von Nutzereindrücken diente. In der zweiten Projekthälfte erfolgte dann schließlich auch eine kostenpflichtige Abgabe der Fahrzeuge unter Zuhilfenahme geeigneter IKT, nicht zuletzt, um die mit der grundsätzlichen Nachfrage nach Elektromobilität im Tourismus verbundene Zahlungsbereitschaft der Nutzer zu erforschen.

Für die Ermittlung kostendeckender Preismodelle wurden im Rahmen des Projekts seitens MA unterschiedliche Szenarien aus Fahrzeugpreisen und Finanzierungsmodellen untersucht. Beispielhaft sei dies anhand eines für den Darstellungszweck vereinfachten Vergleiches zwischen einem Kauf ohne Fremdfinanzierungsbedarf und dem Leasing eines Fahrzeuges mit Nettopreis von 32.000 EUR bei unterstellter Nutzungsdauer von vier Jahren und Restwert von 8.000 EUR dargestellt. Dieses Fahrzeug

soll in einer Fahrzeugflotte aus 50 Pkw betrieben werden, sodass entsprechende Verwaltungsgemeinkosten neben den fahrzeugspezifischen Kosten Berücksichtigung finden müssen. Da der Betrieb in dem zugrundeliegenden Szenario neben Kosten auch einen Zielgewinn decken soll, sind entsprechende kalkulatorische Kosten ebenfalls zu berücksichtigen.

	Kauf		Leasing	
Fahrzeugkosten	Kosten/Monat	Kosten/Tag	Kosten/Monat	Kosten/Tag
Abschreibung	500	16,7	640	21,3
Versicherung	50	1,7	50	1,7
Wartung/Inst.	42	1,4	42	1,4
Summe je Fz	592	19,8	732	24,4
Verw.Kosten/Fz	103	3,4	103	3,4
Kalk. Gewinn/Fz	83	2,8	83	2,8
Ges.Kosten/Fz	778	26	918	30,6

Abb. 5.2: Beispiel Kosten Elektrofahrzeug

Ergebnis dieser Kalkulation ist, dass ein solches Fahrzeug bei Kauf rund 778 EUR pro Monat Erlös nach Abzug des verbrauchten Stroms erwirtschaften müsste, während das Leasingmodell naturgemäß etwas darüber liegt, da hierbei noch eine zusätzliche Finanzierungsdienstleistung in Anspruch genommen wird.

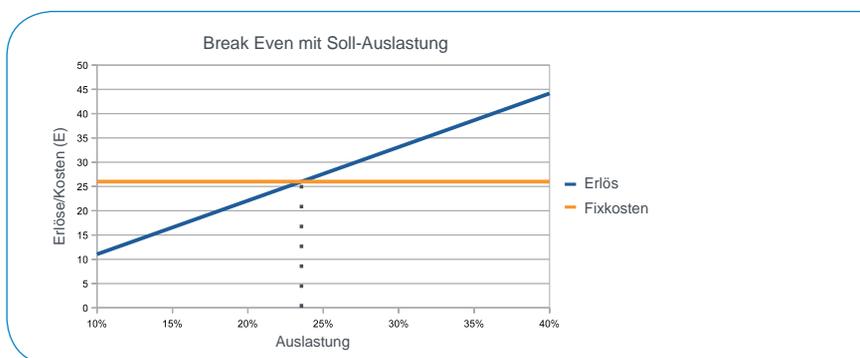
Diesen Kostenszenarien wurden nun unterschiedliche Erlösszenarien gegenübergestellt, deren Parameter anhand der tatsächlichen Betriebsdaten der Fahrzeuge im Projekt angepasst wurden.

Hierzu wurde beispielsweise die einfache Erlösfunktion

$$E(h) = h \cdot e_h + h \cdot s \cdot (e_{km} - k_{km})$$

mit h =Mietdauer in Stunden, e_h =Mietpreis je Stunde, s = durchschnittliche Fahrkilometer je Stunde, e_{km} = Kilometerpreis, k_{km} = Stromkosten je Kilometer angewandt, um eine Tages-Soll-Auslastung des Fahrzeuges für unterschiedliche Kombinationen aus Stunden- und Kilometerpreis zu ermitteln, hier dargestellt für einen Stundenpreis von 3 EUR und einem Kilometerpreis von 0,2 EUR bei projektspezifisch ermittelter durchschnittlicher Fahrleistung je Mietstunde sowie durchschnittlichem kWh-Verbrauch des betrachteten Fahrzeuges.

Abb. 5.3: Break Even mit Soll-Auslastung



Bereits diese einfache Darstellung zeigt, dass unter den getroffenen Annahmen eine knapp 24%-ige Auslastung der Fahrzeuge (entspricht ca. 5 ¼ abrechenbaren Betriebsstunden) pro Tag gewährleistet sein muss.

Im Projekt wurden bisher aus Praktikabilitätsabwägungen heraus in Abhängigkeit der konkreten Vermietsituation feste Tages

gessätze in Höhe von 45 EUR oder 49 EUR veranschlagt. Bei einer Gegenüberstellung der oben ermittelten monatlichen Kosten mit den Erlösen aus Vermietung mit festen Tagesätzen von 45 EUR ergibt sich in diesem Abrechnungsmodell die Anforderung von rund 17 Vermietungstagen je Monat zur Kostendeckung.

Förderung der Akzeptanz für den Elektrofahrzeugeinsatz

Derzeit befinden wir uns noch in einem Nischenmarkt für Elektromobilität, der vor allem von Kunden mit hoher Technologieaffinität geprägt ist. Die Bundesregierung hat das Ziel herausgegeben, dass bis zum Jahr 2020, 1 Mio. Elektroautos auf Deutschlands Straßen fahren sollen. Dies wäre noch lange nicht die Mehrheit der Nutzer in Deutschland, würde aber die Elektromobilität deutlich ins Rampenlicht rücken und die wirtschaftliche Bereitstellung der notwendigen Infrastruktur, z.B. Werkstattleistungen, ermöglichen.

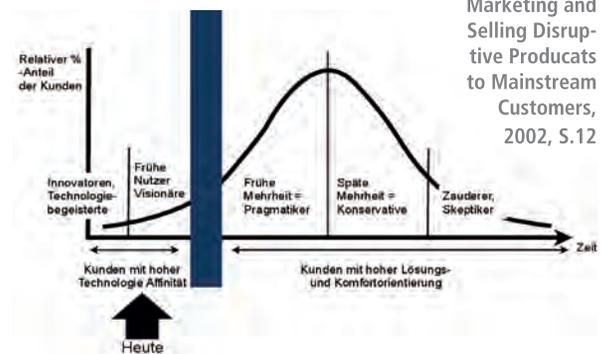


Abbildung 5.4: Quelle: Geoffrey A. Moore: Crossing the Chasm: Marketing and Selling Disruptive Products to Mainstream Customers, 2002, S.12

Um ein Bewusstsein für die Möglichkeiten neuer Mobilitätsformen und Technologien in der Bevölkerung sowie bei interessierten Kreisen aus kommunaler Verwaltung und Gewerbe zu schaffen sind insofern vielfältige Kommunikationsmaßnahmen notwendig. Im Rahmen des Projektes sollten entsprechend neben der Hauptzielgruppe der Touristen auch weitere potenzielle Nutzergruppen für Elektromobilität auf unterschiedlichen Kanälen angesprochen werden. Hierbei galt es innerhalb des Projektes nicht zuletzt, den nicht unerheblichen Multiplikatoreffekt durch positive Berichte nach Hause kehrender Touristen über Elektromobilität zu gestalten und auszuschöpfen. Die durch den touristischen Einsatz erzielbaren Erkenntnisse sollten Gegenstand von Untersuchungen der beteiligten Hochschulen sein, so dass auf deren Ausführungen verwiesen sein kann.

Impulsgeber für IKT Entwicklung

Auf der Basis der Erfahrungen aus bestehenden Carsharing Betrieben im urbanen Umfeld und der Analyse existierender IKT Systeme lag eine weiterer Aufgabenkomplex der MA in der Entwicklung und Vorgabe von Anforderungen an ein neuartiges IKT System für den konkreten Projektzweck und einen anschließenden kommerziellen Flottenbetrieb. Hierbei mussten für die Abdeckung aller erforderlichen Carsharing Prozesse funktionale Teilbereiche von Fahrzeugbuchung bis Messdatenerfassung Berücksichtigung finden. Die nachstehende Abbildung veranschaulicht diese benötigten Funktionalitäten im Zusammenhang

mit den angestrebten Ausbaustufen des IKT Systems aus der Sicht der MA. Wichtige Randbedingungen für einen kommerziellen Flottenbetrieb im Anschluss an das Projekt sind hierbei vor allem die zunehmende Integration der zu unterstützenden Funktionalitäten in möglichst wenige Geräte und die damit verbundenen sinkenden Kosten für den Betreiber ebenso wie die Anforderung, dem Nutzer selbst alle für ihn notwendigen Mittel an die Hand zu geben, die er für die Inanspruchnahme der angebotenen Mobilitätsdienstleistungen benötigt. Hierzu eignen sich insbesondere Smartphones mit ihrer Vielzahl an technischen Möglichkeiten auf einer überschaubaren Anzahl an unterschiedlichen Plattformen bei gleichzeitig steigendem Verbreitungsgrad in der Bevölkerung. Vor dem Hintergrund der gemeinsamen Erfahrungen streben Move About und Mitarbeiter beteiligter Hochschulinstitute eine Firmengründung an. Dadurch sollen die skizzierten Funktionen der IKT-Lösung für das Auto in marktfähige Produkte überführt werden.

5.2 Wichtigste Ergebnisse

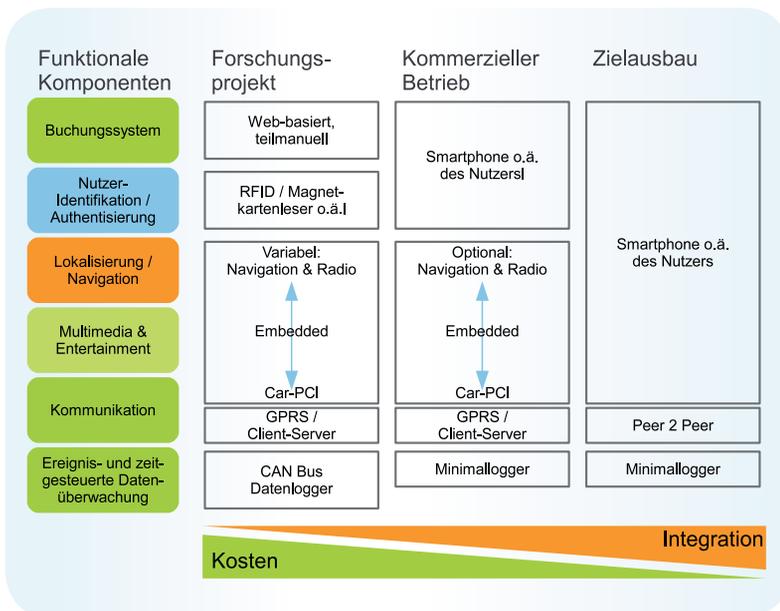
Carsharing-Modelle

Schnell hat sich im Projekt herausgestellt, dass die Fahrzeuge primär durch Touristen benutzt werden und der Einsatz bei gewerblichen und sonstigen Nutzern im Rahmen des Projektes in den Hintergrund gestellt wird. Touristen unterscheiden sich von den üblichen Carsharing Kunden im städtischen Umfeld vor allem dadurch, dass sie die Fahrzeuge länger nutzen (Tagesausflüge) und häufig schlechtere Ortskenntnisse haben. Der typische Allgäu-Tourist verfügt darüber hinaus i.d.R. nur über rudimentäre Kenntnisse in der Bedienung von Informations- und

Kommunikationsgeräten wie z.B. Smartphones. Daher wurde im Projekt die erste Evolutionsstufe des Carsharings, also stationsbasiertes Carsharing, in einer abgewandelten Form erprobt. Im Gegensatz zu einer anonymen Vermietung, z.B. im Parkhaus, wie sie im städtischen Umfeld üblich ist, wurden die Fahrzeuge im Projekt eE-Tour Allgäu durch Hotels an die Touristen übergeben. Dadurch konnte eine Einweisung der Nutzer in die Bedienung des Fahrzeugs durch Mitarbeiter der Hotels organisatorisch gewährleistet werden. Die zweite Evolutionsstufe des Carsharings, Vernetzte Stationen, mit der daraus resultierenden Möglichkeit zur Einwegmiete von Fahrzeugen, soll in Zukunft durch Einbeziehung der bundesweit verteilten Bosch-Dienste ermöglicht werden. Die bundesweite Zusammenarbeit von MA mit Bosch-Diensten ist eine direkte Folge des Projektes, da sich die Notwendigkeit einer funktionierenden Service Infrastruktur für Elektroautos aufgrund von technischen Mängeln an einigen Autos herausstellte. Im Allgäu haben bereits die Bosch-Dienste in Kempten und Memmingen Reparaturen an Elektrofahrzeugen durchgeführt.

Die dritte Stufe der Carsharingevolution wurde bisher noch nicht mit Elektrofahrzeugen erprobt, denn diese ad hoc Nutzung bedingt eine sehr hohe Verfügbarkeit der einzelnen Fahrzeuge, die bei Elektrofahrzeugen durch sehr häufiges Nachladen (Infrastrukturdichte) oder sehr große Batteriekapazitäten (tendenziell höhere Batteriepreise) erzielt werden kann. Kabelgebundene Ladesysteme erscheinen für diese sehr spontane und oft nur kurz dauernde Form des Carsharings unkomfortabel, fehleranfällig und sind nicht an jedem Parkplatz vorhanden oder realisierbar. Zudem ist eine hohe Fahrzeuganzahl in einem relativ beschränkten Gebiet eine Voraussetzung für die gute Erreichbarkeit der Fahrzeuge und ist somit auch für die Nutzerakzeptanz dieses Konzeptes notwendig. Die ständig wechselnden Fahrzeugstandorte werden den Nutzern beim Free Floating Carsharing im Internet oder auf mobilen Endgeräten (Smartphones) dargestellt – eine weitere technische Barriere für die meisten der Allgäu-Touristen. Da die genannten Voraussetzungen im ländlich geprägten Allgäu derzeit nicht vorliegen, wurde ein solches Modell nicht näher untersucht. Jedoch könnten in Folgeprojekten bspw. Taxis für erste Versuche die Anforderungen an ad hoc Carsharing mit

Abb. 5.5: Anforderungen an IKT-System





Evolutionstufe	Eigenschaften	Herausforderung Fzg-Disposition	Herausforderung Energie
Stationsbasiert	<ul style="list-style-type: none"> Mit wenigen Fahrzeuge möglich Ohne Smartphones 	<ul style="list-style-type: none"> Unbekannter Ladezustand bei Fzg. Rückkehr 	<ul style="list-style-type: none"> Schnelle Wiederaufladung nach Rückkehr des Fahrzeugs
Vernetzte Stationen	<ul style="list-style-type: none"> Höhere Flexibilität für den Kunden Längere Strecken möglich 	<ul style="list-style-type: none"> Umverteilung der Fahrzeuge 	<ul style="list-style-type: none"> Ansammlung von Fahrzeugen an Stationen
Free Floating	<ul style="list-style-type: none"> Höchste Flexibilität für den Kunden durch ad hoc Nutzung Fahrzeug wird während des Parkens nachgeladen und kommt nicht mit leerer Batterie zurück 	<ul style="list-style-type: none"> Unbekannte Fzg. Position Unbekannter Fzg. Zustand (technisch, hygienisch) Parkgebühren abrechnen Ladezustand für Kunden anzeigen 	<ul style="list-style-type: none"> Flächendeckende Infrastruktur (Induktion) Schnellladung Batteriewechsel Sehr große Batterien Variable Position der Energieabnahme Oft kein zeitlicher Vorlauf zwischen Buchung und Nutzung

Abb. 5.6: Vorteile und Herausforderungen von E-Carsharing-Evolutionsstufen

Elektroautos simulieren, ohne hunderte von Fahrzeugen beschaffen zu müssen. Die folgende Tabelle fasst die wesentlichen Vorteile und Herausforderungen zusammen. Die höheren Evolutionsstufen enthalten meist auch die Herausforderungen der vorhergehenden.

Aus den dargestellten Carsharing-Geschäftsmodellen leiten sich Anforderungen an die Informations- und Kommunikationstechnologie, die Batterieladetechnik und Energieinfrastruktur ab, die wiederum mit verschiede-

nen Energieformen kombiniert werden können. Beispielsweise erfordert eine Schnellladung entsprechende Kapazitäten im Netz. Weitere Probleme entstehen z.B. wenn zusätzlich noch tiefe oder hohe Außentemperaturen vorliegen, wie es im Alpenraum häufig der Fall ist. Aus Sicht des Fahrzeugnutzers (Komfort), des Mobilitätsanbieters (Reichweite) und des Batterieeigners (Lebensdauer) ist es sinnvoll, Fahrzeuge und Batterien zu klimatisieren bzw. zu wärmen, solange sie noch mit dem Stromnetz verbunden

sind, um die Batteriekapazität möglichst vollständig für den reinen Fahrbetrieb nutzen zu können. Diese Aspekte sollten daher in Folgeprojekten untersucht werden. Inzwischen sind Fahrzeuge mit Klimaanlage und beheizten Frontscheiben erhältlich. MA hat außerhalb des eE-Tour Allgäu Projektes erste Fahrzeuge mit dieser Ausstattung im Einsatz.

Finanzierungs- und Abrechnungsmodelle

Da die vorliegenden Daten darauf hinweisen, dass die untersuchten Touristen mit einer durchschnittlichen Fahrleistung von 67 km bei 7,5 Stunden Fahrzeugbelegung im Gegensatz zu Nutzern in städtischen Regionen im Schwerpunkt keine Kurzzeitmobilität mit verhältnismäßig kurzen Strecken nachfragen, ist dieses Preismodell für diese Nutzergruppe bisher hinreichend genau und pragmatisch sinnvoll. Allerdings ließ sich im bisherigen Projektbetrieb die vorstehend aufgezeigte, zur Kostendeckung notwendige Soll-Auslastung der Fahrzeuge nicht realisieren. Eine Erweiterung des Betriebes um zusätzliche Nutzungsszenarien, etwa zur Deckung von Kurzzeitbedarfen von Gewerbe und Kommunen mit einem Zeit-

und Kilometer-basierten Abrechnungsmodell, zur Reduktion von Leerständen ist somit für einen wirtschaftlichen Flottenbetrieb geboten. Darüber hinaus kann und sollte außerhalb eines Forschungsprojektes vor allem durch das Vermieten von Werbeflächen auf den Fahrzeugen an interessierte Unternehmen ein konstanter, von der konkreten Auslastung unabhängiger Erlösfluss erzeugt werden. Letzten Endes ist jedoch zu erwarten, dass vor allem zukünftige Skaleneffekten bei der Produktion von Elektrofahrzeugen sowie die Entwicklung vollkommen neuartiger Fahrzeugmodelle unter Design to Cost Aspekten bei gegebenen Nutzungsszenarien über die ökonomische Sinnhaftigkeit des elektromobilen Carsharings entscheiden werden.

Akzeptanz

MA stellte im Rahmen des Projektes Elektrofahrzeuge sowie Informations- und Beratungsleistungen der interessierten Öffentlichkeit zu unterschiedlichen Zwecken zur Verfügung. Das breite Interesse an neuartigen Mobilitätskonzepten konnte neben der Kernnutzung innerhalb des Projektes auch bei einer großen Anzahl an Veranstaltungen geweckt werden, an denen die Move About GmbH im Rahmen der Projektvernetzung teilgenommen hat. Genannt seien hier beispielhaft die Hauptversammlung des Deutschen Städtetages, Cebit, Hannover Messe, eCarTec und die Elektro-Rallye e-miglia sowie gemeinsame Aktivitäten mit der Modellregion Stuttgart und der Stadt Pullach, die jeweils auf ein breites Medienecho stießen und somit den Bekanntheitsgrad sowohl des Projektes als auch der Elektromobilität im Allgemeinen zu steigern halfen.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass sowohl das

Interesse als auch die Akzeptanz für die neue Technologie und die damit verbundenen Möglichkeiten der Mobilität durch die Präsenz bei den Veranstaltungen und die dort geführten Gespräche

und Diskussionen stark gesteigert werden konnte. So erlebte eine Vielzahl von Erstnutzern die Fahrzeuge im praktischen Einsatz oder konnten sich von der Sinnhaftigkeit von Mobilitätskonzepten wie Carsharing im persönlichen Gespräch und in Demonstrationen überzeugen. Eigene Erfahrungen und Umfragen der Move About sowie die kommunizierten Erfahrungswerte der am Projekt beteiligten Hoteliers und Gäste sowie projektexternen Nutzer bestätigen die insgesamt sehr gute Akzeptanz. Darüber hinaus konnten zur Absicherung des Fahrzeugbetriebes als wichtiges Ergebnis des Projektes erste Service Partnerschaften mit Bosch Werkstätten geschlossen werden, die die rechtzeitige Schaffung von fachlicher Kompetenz im Bereich Elektromobilität als strategische Investition in ihre Zukunft sehen.

IKT Entwicklung

Wie sich im Rahmen der Projektdurchführung zeigte, ist die Komplexität bei der Entwicklung einer innovativen, auf die Elektromobilität zugeschnittenen IKT Infrastruktur mit Car-PCs und einem umfassenden Backend System sehr hoch. Im Rahmen eines einzelnen Projektes ist diese Aufgabe unter Berücksichtigung der doch sehr heterogenen Anforderungen aus Forschung und kommerzieller Anwendung daher nicht abschließend zu bewältigen. Nichtsdestotrotz konnten aus der Sicht der MA bereits wichtige Ergebnisse in den Bereichen der Web-basierten Buchungsanwendung sowie der fahrzeugspezifischen Anbindung der Car-PCs an die Think Datenbussysteme erreicht werden. Für

detailliertere Darstellungen der Entwicklungsarbeiten sei an dieser Stelle auf den Beitrag der Soloplan GmbH verwiesen.

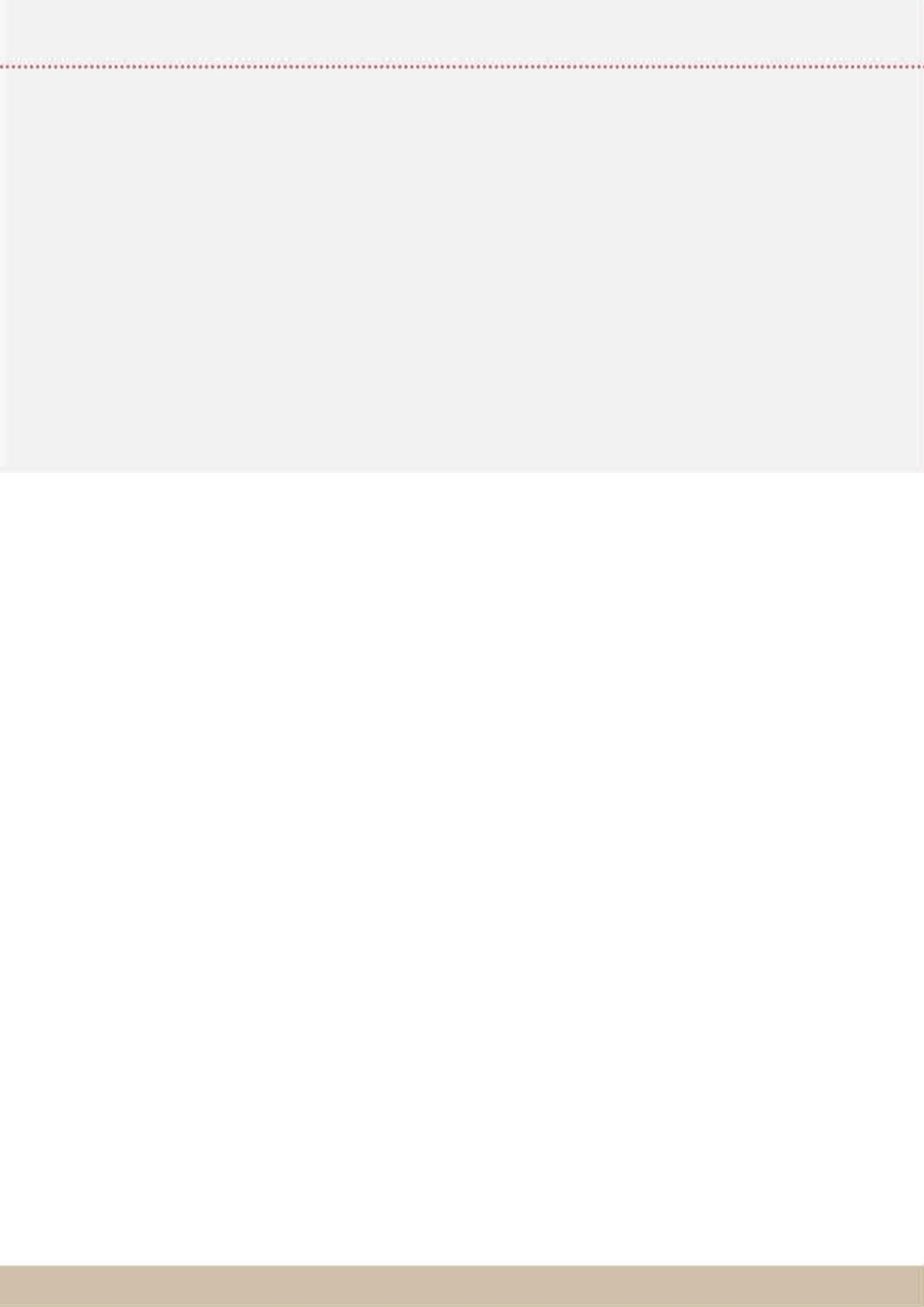
5.3 Weiterer Forschungsbedarf

Neben dem bisherigen stationsbasierten Carsharing- resp. Vermietmodell müssen weitere Evolutionsstufen des Carsharings mit vernetzten Stationen sowie ein stationsloses Carsharing entwickelt und getestet werden um Erkenntnisse über diesbezüglich potenziell relevante Nutzergruppen sowie deren Nachfrageverhalten zu gewinnen. Darüber hinaus wäre in diesen komplexeren Betriebsszenarien auch die Fortentwicklung der bisherigen Ergebnisse der IKT Entwicklung zu einem vollständigen IKT System für entsprechende Geschäftsmodelle zu leisten. Die Notwendigkeit einer solchen Ausweitung des Betriebes ergibt sich insbesondere durch die Erkenntnis, dass ein stark an die Fahrzeugvermietung angelehntes Geschäftsmodell mit Schwerpunkt auf die touristische Nutzung alleine nicht die für den wirtschaftlich lohnenden Betrieb hinreichende Auslastung der Fahrzeuge gewährleistet.

Ein Kleinversuch mit vernetzten Stationen unter Einsatz einer seitens MA lizenzierten, geeigneten Carsharing Hard- und Softwarelösung im Verlauf des Restprojektes soll, etwa für die Anbindung des Flughafens Memmingen mit dem Stadtbereich Kempten, hierzu bereits erste Hinweise liefern, die in weitere Forschungsprojekte eingehen können.

Weitere, für den kommerziellen Flottenbetrieb wichtige Forschungs- und Entwicklungsaufgaben im Rahmen der IKT-gestützten Elektromobilität ergeben sich aus Sicht der MA im Bereich der Standardisierung der CAN Bus Signale (Kodierung, Zykluszeiten etc.), die bisher in hohem Maße herstellerproprietär sind und enorme Aufwände bei der Herstellung übertragbarer IKT Lösungen erforderlich machen. Ein geeignetes Vorbild hierfür könnte etwa der FMS Standard für Nutzfahrzeuge sein. Die diesbezüglich erfolgten Standardisierungsbemühungen der Vergangenheit machen allerdings auch deutlich, dass derartige Vorhaben nur unter Einbeziehung der relevanten Hersteller funktionieren können.





6 ■ Universität Tübingen

EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN



Eberhard Karls Universität Tübingen

Geodaten

Geodaten sind alle Daten mit direktem oder indirektem Bezug zu einem bestimmten Standort oder geografischen Gebiet (nach Richtlinie 2007/2/EG). Dazu gehören die „amtlichen“ Geobasisdaten, wie auch Geofachdaten zu spezifischen Thematiken. Datenhaltung, Analyse und Darstellung erfolgt über Geoinformationssysteme. Ein viel diskutiertes Politikum der letzten Jahre ist der Umgang zwischen Geodaten und dem Datenschutz personenbezogener Daten.

Die Geographie ist Teil der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Tübingen und ist mit zwei Arbeitsgruppen an dem Forschungsprojekt eE-Tour Allgäu beteiligt.

6.1 Arbeitsgruppe Geoinformatik: Räumliche Analysen

Die Arbeitsgruppe Geoinformatik gehört zum Lehrstuhl für Physische Geographie und

Geographische Informationssysteme der Universität Tübingen. Die Forschungsgebiete der AG umfassen das Erfassen, Bearbeiten, Analysieren und kartographische Darstellen digitaler räumlicher Daten, also Daten die mit geographischen Koordinaten verknüpft sind. Die Kernkompetenzen des Teams sind dabei die Auswertung von Satellitenaufnahmen, hydrologische- bzw. Erosionsmodellierung, GPS-Analysen und räumliche Optimierung.

Verkehrsnetzbewertung

Zu Projektbeginn stellte sich die Frage nach der Übertragbarkeit der in eE-Tour Allgäu erzielten Ergebnisse

auf andere Regionen. Dazu wurde das PKW Verkehrsnetz des bayerischen Allgäus in puncto Konnektivität, Effizienz und innerer Erreichbarkeit anhand unterschiedlicher Indizes mit anderen bayerischen Regionen verglichen. Die Konnektivität und die Effizienz des Allgäuer Verkehrsnetzes liegen

im bayerischen Durchschnitt. Lediglich die innere Erreichbarkeit ist aufgrund der Randlage zu den Alpen und der topographischen Gegebenheiten geringer. Die bewegte Landschaft im Allgäu mit ihren vielen Höhenunterschieden macht sich nicht so stark über Steigungen und Gefälle im Verkehrsnetz bemerkbar, wie man vermuten könnte. Auf Basis dieser Ergebnisse lassen sich die wissenschaftlichen Erkenntnisse, die in dem Projekt eE-Tour Allgäu erreicht wurden, auf andere Regionen Bayerns und Deutschlands übertragen.

Standorte für Ladeinfrastruktur – Heute schon gepappt?

Auch wenn der Bedarf an Ladeinfrastruktur einer kleinen Elektrofahrzeugflotte eher gering ist und die Fahrzeuge meistens an ihrem Ausgangsstandort geladen werden, nimmt allein schon die Möglichkeit unterwegs Zwischenladen zu können vielen Nutzern die Berüh-

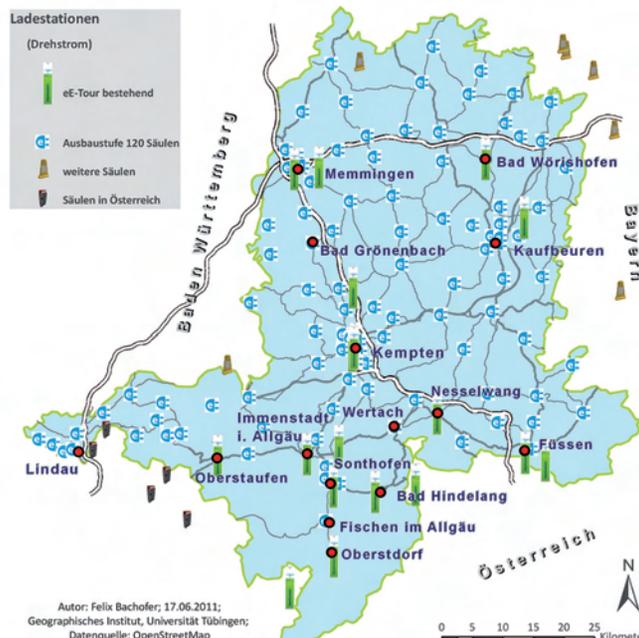
rungsängste und erhöht die Akzeptanz für die neue Technologie. Für das Allgäu wurden die 14 optimalen Standorte für Ladesäulen hinsichtlich der Erreichbarkeit auf dem PKW-Strabennetzwerk im Untersuchungsgebiet modelliert. Mit geostatistischen Methoden erfolgte eine Gewichtung des zu erwartenden Bedarfs durch die Berücksichtigung von Wohnbevölkerung und den touristischen Übernachtungszahlen. Während der Projektlaufzeit konnte das verwendete Modell weiter verfeinert werden und es wurden Modellrechnungen für unterschiedliche Ausbaustufen einer Ladeinfrastruktur im Allgäu errechnet, wodurch nun Planungsgrundlagen für den zukünftigen Ausbau zur Verfügung stehen.

Energiebedarf – Welche Rolle spielen Höhendaten?

Einen besonderen Schwerpunkt wurde von der Arbeitsgruppe auf einen vielbeachteten Aspekt der Elektromobilität gelegt – die Reichweite. Wesentliche Faktoren, die Reichweite und auch Reichweiteprognosen entscheidend beeinflussen, sind Steigung und Gefälle der Fahrstrecken. Abhängig von der Geschwindigkeit benötigt beispielsweise das Elektrofahrzeug SAM bei einer Steigung von 4% zwischen 50-100% mehr Energie als auf einer ebenen Strecke. Daher stellte sich die Frage nach dem Einfluss der Genauigkeit verschiedener Datenquellen mit Höheninformationen. Diese liefern teilweise hochpräzise Höhen und sind aber kostenintensiv, oder sie haben mittlere Genauigkeiten und stehen aber

kostenfrei zur Verfügung. Mit Hilfe eines selbst entwickelten Energiemodells für Elektrofahrzeuge konnte festgestellt werden, dass diese Unterschiede bei Einzelstrecken bis zu 30% betragen können. Jedoch ist der durchschnittliche Einfluss im Allgäu mit bis zu 1,5% der Daten mittlerer Genauigkeit gegenüber dem hochpräzisen Referenzmodell eher gering. Die gute Nachricht für eventuelle Produkte und Geschäftsmodelle ist also, dass sich kostenfreie Höhendaten als Quelle für die meisten Applikationen eines energiebasierten Routings von Elektrofahrzeugen durchaus eignen.

Abb. 6.1 Verteilung der Ladesäulen



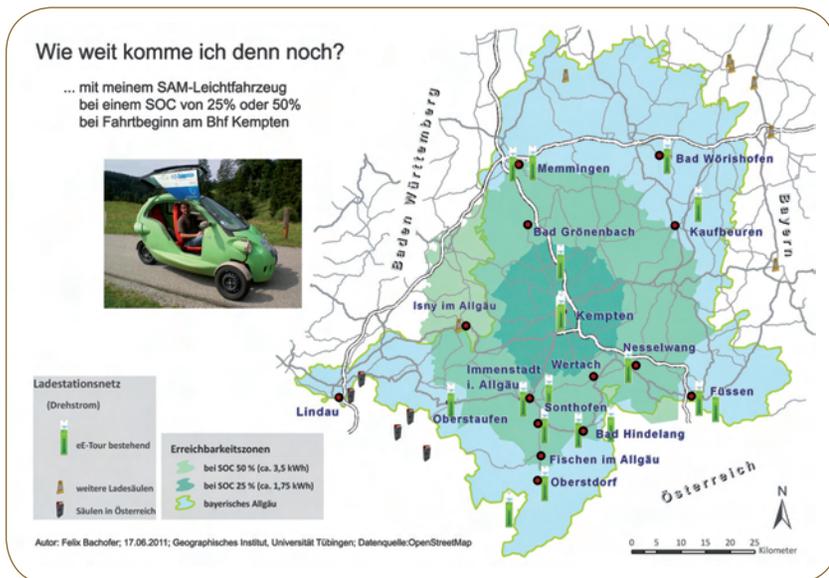


Abb. 6.2: Beispielhafte Reichweitenberechnung

GPS Tracking der Flotte – Welche Wege? Welche Muster?

Ein weiteres Augenmerk wurde auf die Bewegungsmuster der Fahrzeugflotte gelegt. Dazu wurden mittels Data-Mining-Methoden die GPS-Tracking Daten der Fahrzeugflotte ausgewertet. In Teilen konnte zudem ein direkter Vergleich des Fahrverhaltens der jeweiligen E-Fahrzeugnutzer, zu ihrem Fahrverhalten mit herkömmlichen PKW durchgeführt werden. Dabei konnte u.a. festgestellt werden, dass die Elektrofahrzeuge in der Lage sind, beinahe

alle Fahrten gleichwertig durchzuführen. Mittels statistischer Abfragen konnten zudem Haltepunkte bzw. häufig frequentierte Parkmöglichkeiten identifiziert werden, die sich besonders für das Zwischenladen von elektrisch betriebenen Fahrzeugen eignen.

6.2 Arbeitsgruppe Humangeographie Nutzerbefragungen

Elektromobilität und IKT: Potenziale aus der Perspektive der Perzeptionsforschung

Die breitenwirksame Einführung neuer Mobilitäts-Technologien kann nur erfolgreich sein, wenn sie sich an den Erfordernissen des potenziellen Markts orientiert. Daher sind bei der Markteinführung Erkenntnisse zur Akzeptanz der Bevölkerung und potenziellen Nutzung von entscheidender Bedeutung. Hier spielt die sozialwissenschaftliche Forschung eine wichtige Rolle, da sie technologische Innovationsprozesse um die ‚Perspektive Mensch‘ ergänzen kann. Im Projekt eE-Tour Allgäu wird diese Schnittstelle zwischen Mensch und Technik von der Arbeitsgruppe Humangeographie (AG HuGe) abgedeckt.

Zentrale Fragestellungen:

- Akzeptanz der neuen Technologien bei der Allgäuer Bevölkerung und Touristen
- Kompatibilität von Elektromobilität und verschiedenen Stilen der Alltagsmobilität
- Möglichkeiten der Akzeptanzsteigerung durch IKT und technologische Innovation
- Nutzeransprüche bezüglich Reichweite und Laden
- Nutzung und Akzeptanz des elektromobilen Angebots durch Touristen
- Unterstützung einer breitenwirksamen Einführung der Elektromobilität durch Geschäftsmodelle im Tourismus
- Informationsdefizite und Akzeptanz der Elektromobilität

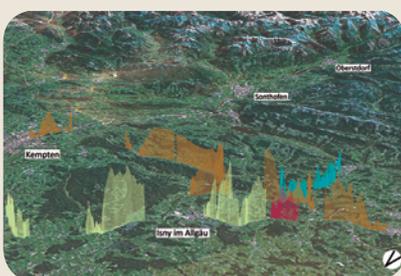
Kernaufgaben der AG HuGe waren zum einen die Erfassung des aktuellen Mobilitätsverhaltens und persönliche Einstellungen der Allgäuer Bevölkerung zu Elektrofahrzeugen mittels empirischer Befragungen. Desweiteren wurden mittels Kurz- und Langzeit-Studien die konkreten Nutzererfahrungen mit Elektrofahrzeugen analysiert, die Rückschlüsse zu Akzeptanz, Nutzungshemmnissen, Potenzialen und zukünftigen Einsatzmöglichkeiten zulassen.

Abb. 6.3: Visualisierung von GPS-Tracking Daten



GPS Tracking

Die Abbildungen zeigen beispielhaft die Bewegungsmuster eines Testfahrzeugs über einen Zeitraum von fünf Tagen. Die erste Abbildung zeigt die genauen GPS Positionen. Die mittlere Abbildung stellt die GPS Positionen als Punktwolke dar, deren Höhe über Grund die jeweilige Bewegungsgeschwindigkeit wieder gibt. Die untere Abbildung zeigt ausgewählte Fahrprofile mit den ermittelten Geschwindigkeiten.



Befragungen zum Thema Elektromobilität

Zielgruppen der umfangreichen Befragungen der AG HuGe waren sowohl Bewohner des Allgäus, die bisher noch keine persönlichen Nutzungserfahrungen mit Elektrofahrzeugen hatten („Nicht-Nutzer“) als auch Personen, die als „Nutzer“ verschiedene Fahrzeuge von der kurzen Testfahrt bis hin zu einem Monat erprobten. Neben der Erhebung und Erfassung dieser Primärdaten wurde eine umfangreiche Metastudie durchgeführt, in der der aktuelle Stand und Status Quo der Forschung zur Akzeptanz von Elektromobilität aufgearbeitet wurde.

Die nachfolgende Tabelle bietet einen Überblick über die verschiedenen Erhebungen und Fragestellungen, die im Rahmen des Projekts von der AG HuGe bearbeitet wurden. Insgesamt konnte in den verschiedenen Bereichen ein Rücklauf von weit mehr als 2.000 Fragebögen erzielt werden.

Erhebung	Befragungsmethode	Erhebungsrahmen	Fragestellung zu..
Nicht-Nutzer	online (quantitativ) persönlich (quantitativ)	Ankündigung im Magazin AllgäuStrom 2/2010 Passantenbefragungen bei diversen Events	Mobilitätsverhalten und Potenziale für Elektromobilität
Touristen	Fragebogen (quantitativ)	Tagesnutzer von Elektrofahrzeugen	Kurzzeit-Erfahrung
Alltagsnutzer	telefonisch (qualitativ)	Testnutzung von Elektrofahrzeugen (4-6 Wochen)	Langzeit-Erfahrung
Firmenflotten-Nutzer	Fragebogen (quantitativ)	Einsatz von elektrischen Firmenfahrzeugen	Langzeit-Erfahrung
Testfahrer	persönlich (quantitativ)	Kurze Testfahrten mit Elektrofahrzeugen	Testerlebnis

Abb 6.4: Übersicht der Befragungen

Ergebnisse aus den verschiedenen Untersuchungsgruppen

Nachfolgend werden beispielhaft ausgewählte Befragungsergebnisse folgender Erhebungen dargestellt:

- Face-to-Face-Befragung von bisherigen Nicht-Nutzern
- Touristen, die sich ein eE-Tour Allgäu-Fahrzeug bei einer der Verleihstellen der Hotels ausleihen
- Alltagsnutzer, denen für einen längeren Zeitraum ein Fahrzeug zur Verfügung gestellt wurde.

Befragungsergebnisse bei Nicht-Nutzern ohne konkrete Erfahrungswerte mit Elektrofahrzeugen

Hauptverkehrsmittel nach Nutzungszweck

Sowohl im Freizeitbereich (46%) als auch beim Einkaufen (71%) und auf dem Weg zur Arbeit (65%) dominiert beim bisherigen Mobilitätsverhalten das Auto. Unter Maßgabe der Zielsetzung nachhaltiger Mobilität kommt hier dem elektrisch un-

terstützten Fahrrad (Pedelec) eine zentrale Rolle beim Ersetzen von PKW-Fahrten insbesondere auf Kurzstrecken zu.

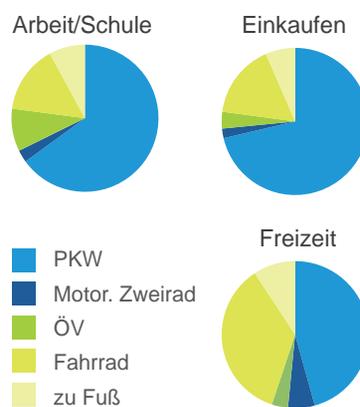


Abb. 6.5: Welches Verkehrsmittel nutzen Sie zu welchem Zweck? (in %); Quelle: eigene Erhebungen 2010/2011

Zukünftiges Nutzungspotenzial verschiedener elektrischer Fahrzeuge

Gewohnheitsbedingt präferieren 73% der Befragten den PKW unter den verschiedenen Typen von Elektrofahrzeugen. Für 41% käme auch die Nutzung eines optisch gewöhnungsbedürftigen Leicht-Elektrofahrzeugs (LEF) in Frage.

Die leichten, aerodynamischen und damit energie-effizienteren LEF könnten demnach durchaus ein wichtiges Segment des zukünftigen Fahrzeugmarkts ausmachen. 58% der Befragten könnten sich vorstellen, für tägliche Wege auch ein Pedelec zu nutzen.

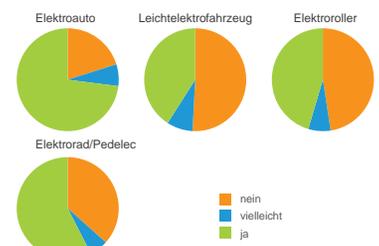


Abb. 6.6: Welches Elektrofahrzeug könnten Sie sich vorstellen, tatsächlich zu nutzen? (in %); Quelle: eigene Erhebungen 2010/2011

IKT-Anwendungen: Verknüpfung Smart-Phones mit dem Car-PC

Bei den Fragen zu IKT-Anwendungen wurde deutlich, dass viele der in der Stichprobe befragten Nicht-Nutzer noch nicht hinreichend über diese Themen informiert sind. 78% der Befragten kannten die (geplante) Möglichkeit ei-

Segway-Studie an der Universität Tübingen

An der Universität Tübingen wurden Mitarbeiter und Studenten eingeladen, sich eines der eE-Tour Allgäu Segways für einen Tag auszuleihen und in Tübingen eine Form der Elektromobilität „live“ zu erleben. Knapp 100 Personen haben die Möglichkeit genutzt... und die Mehrheit zeigte sich begeistert: mehr als die Hälfte könnte sich die Nutzung im Alltag gut vorstellen. Wesentliches Element war der Spaßfaktor und „Neuigkeitsfaktor“ des E-Fahrzeugs. Nur acht Personen gaben an, dass sie sich die Alltagsnutzung nicht vorstellen könnten.

eE-Tour Allgäu beim E-Miglia-Rennen

eE-Tour Allgäu hat mit einem Fahrzeug der Flotte am E-Miglia-Rennen 2011 teilgenommen! Die Gelegenheit wurde genutzt, die elektromobilen „Rennfahrer“ nach ihren Erfahrungen zu fragen. Auch hier sind die Ergebnisse überwiegend positiv ausgefallen, wenngleich bei technischen Detailfragen größere Skepsis und Kritik geübt wurde als bei den bisherigen Touristenbefragungen.

ner Stromrückspeisung nicht. Nach einer Erläuterung konnten sich aber 39% „durchaus“ und 35% „vielleicht“ vorstellen, eine solche zu nutzen. Auf die Frage, wie viel Stromreserve nach einer Rückspeisung im Fahrzeug verbleiben müsste sind für 63% der Befragten max. 50 km ausreichend. Bei Smart-Grid-Anwendungen handelt es sich um komplexe technologische Zusammenhänge. Um eine breite Nutzer-Akzeptanz zu erzielen, wird es einer hohen Bedienfreundlichkeit und zielgruppengerechten Kommunikation dieser Optionen bedürfen.

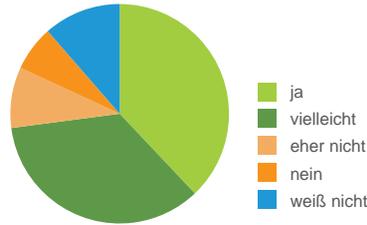
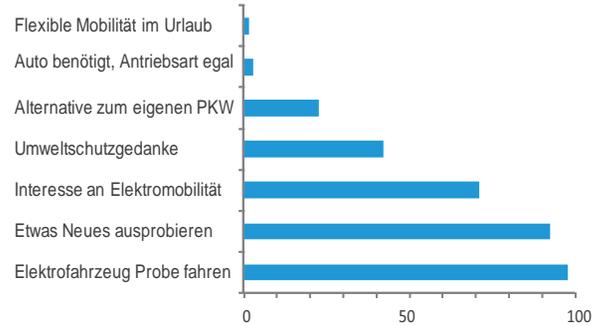


Abb. 6.8: Könnten Sie sich vorstellen, dies zu nutzen?; Quelle: eigene Erhebungen 2010/2011



Ergebnisse der Langzeit-Nutzung

Neben der Kurzzeit-Studie wurden auch Langzeit Erfahrungen mit Elektrofahrzeugen im Alltag (PKW und Leichtelektrofahrzeug SAM) erforscht. So konnte ein detailliertes Bild über die Einstellungen gegenüber den neuen Elektrofahrzeugen ermittelt und gegebenenfalls ausgelöste Veränderungen im Mobilitätsverhalten überprüft werden. Die Wahrnehmung der beschränkten Reichweitenkapazität ändert sich häufig im Laufe der Nutzung. Viele Probanden sprachen von einem zu anfangs noch vorhandenen, aber unbegründeten Sicherheitswunsch, der sich nach einiger Zeit relativiere und stattdessen „Vertrauen aufgebaut“ würde.

Abb. 6.9 (oben): Warum haben Sie sich heute ein Elektrofahrzeug ausgeliehen? (in %, Mehrfachantworten möglich); Quelle: eigene Erhebungen 2010/2011

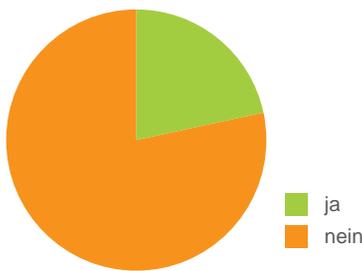


Abb. 6.7: Haben Sie schon davon gehört, dass man in der Zukunft mit einem Elektrofahrzeug Strom ins Netz zurückspeisen und dabei Geld verdienen kann?; Quelle: eigene Erhebungen 2010/2011

Befragungsergebnisse der touristischen Kurzzeit-Nutzung

In der Studie zur Kurzzeit-Nutzung wurden konkrete Erfahrungen von Touristen aber auch Einheimischen mit der elektrischen Fahrzeugflotte von eE-Tour Allgäu direkt nach einer Tagesausleihe ermittelt. Die mittels Fragebogen erfassten Informationen wurden anschließend durch qualitative Interviews ergänzt. Bei den Motiven für das Ausleihen eines Fahrzeugs stand das konkrete Erleben der Elektromobilität im Vordergrund. 80% der Befragten würden das Angebot eines Elektrofahrzeugs im Urlaub wieder nutzen.





Technische Universität München

Technische Universität München

7.1 Forschungsgruppe Energieinformatik

Die Forschungsgruppe Energieinformatik als Teil der Fakultät für Informatik der Technischen Universität München (TUM) wird von Prof. Dr. Martin Leucker und Dr. Martin Sachenbacher geleitet. Sie beschäftigt sich mit Bereichen der Informatik, in welchem Aspekte von Informatik und Energie behandelt werden, mit einem gewissen Fokus auf Elektromobilität und Energiespeicherung.

Abb.7.1 (rechts): Bildmotiv der Forschungsgruppe Energieinformatik



7.2 Aufgaben im Projekt

Der Markterfolg der Elektromobilität wird durch zwei Nachteile im Vergleich zu Fahrzeugen, die durch einen Verbrennungsmotor angetrieben werden, behindert. Dabei handelt es sich um die begrenzte Reichweite von nur 100 bis 200 Kilometern bei Elektrofahrzeugen und die mehrstündigen Ladezeiten der Fahrzeugbatterien. Die begrenzte Reichweite induziert zwei verbundene Probleme. Erstens wird eine genaue Reichweitenprognose auf Grund des dünnen Netzes an Ladesäulen und den langen Ladezeiten benötigt. Zusätzlich bietet die Wahl von energieoptimalen Routen, im Vergleich zu kürzesten oder schnellsten Routen, eine Möglichkeit die Reichweite zu vergrößern. Eine Aufgabe der TUM im eE-Tour Allgäu war deshalb die energetische Routenoptimierung und Reichweitenprognose für Elektrofahrzeuge.

Der Ausbau von erneuerbaren Energien führt zu Fluktuationen in der Stromerzeugung, wodurch zusätzliche Lösungen zur EnergiezwischenSpeicherung an Bedeutung gewinnen. Das zweite Aufgabengebiet der TUM war deshalb die Integration der Elektrofahrzeuge unter besonderer Betrachtung des Hybridtraktors von John Deere in das Stromnetz. Hierbei wurden verschiedene StromruckspeiseStrategien für Elektrofahrzeuge unter Verwendung von Nutzer- und Batteriemodellen in einer Simulation auf Basis realer Daten untersucht.

7.3 Ergebnisse

Zunächst wurde ein Graphenmodell aus dem Straßennetzwerk abgeleitet und anschließend mit zusätzlichen Kanten- und Knoteninformation

Graph

Ein Graph besteht aus einer Menge von Knoten und einer Menge von Kanten die je 2 Knoten in Relation setzt. Wird jeder Kante ein Wert, genannt Gewicht, zugewiesen so spricht man von einem gewichteten Graphen.

nen (z. B. aus Topologiedaten) versehen. Dieses enthält neben dem eigentlichen Aufbau des Straßennetzes, in dem Knoten,

Kreuzungen und Kanten Streckenabschnitte zwischen Kreuzungen repräsentieren wie in Abbildung 7.2 illustriert ist, Informationen über die Lage jedes Knoten und Attribute wie Höchstgeschwindigkeit und Untergrundtyp der Straße.

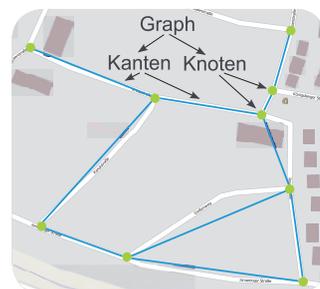


Abb. 7.2: Graphenmodell eines Straßennetzes

Basierend auf dem Graphenmodell und zusätzlichen Informationen über das Fahrzeug wurde ein physikalisches Fahrzeugmodell, welches kinetische und potentielle Energie sowie Reibungsverluste betrachtet, verwendet, um den Energieverbrauch eines Streckenabschnittes zu bestimmen. Viele Elektrofahrzeuge der eE-Tour Allgäu Flotte verfügen über die Möglichkeit der Rekuperation, d. h. durch Bremsen frei werdende kinetische Energie kann in die Batterie zurückgespeist werden. Das Modell der TUM erweitert den Ansatz der Hochschule Kempten um den Aspekt der Rekuperation. Dadurch können im Graphen negative Gewichte der Kanten auftreten, die eine Aufladung der Batterie darstellen. Hierbei wird das Verhalten der Batterie durch ein Batteriemodell abgebildet.

Kürzeste-Wege-Problem

Zu einem gegebenen gewichteten Graph, einem Start- und einem Zielknoten soll eine Route bestehend aus einer Folge von Kanten, die diese beiden Knoten verbinden, gefunden werden. Es darf hierbei keine andere Route existieren, die diese beiden Knoten verbindet und deren Summe der Kantengewichte kleiner ist.

Basierend auf diesen Modellen wurde das energieoptimale Routingproblem als Kürzeste-Wege-Problem formuliert. Dabei werden die Kantengewichte zur Anfragezeit dynamisch auf Basis der aktuellen Fahrzeugparameter (wie Zuladung) bestimmt. Auf Grund der kinetischen Energiekomponente im Energieverbrauchsmodell und des Batteriemodells können existierende Verfahren nicht unverändert angewandt werden. Daher wird in einem Vorverarbeitungsschritt der Graph expandiert (es werden zusätzliche Knoten und Kanten hinzugefügt), um eine eindeutige Anfangsgeschwindigkeit für die Bestimmung der kinetischen Energie zu erhalten und es werden existierende Ansätze um das Batteriemodell erweitert. Bestehende Verfahren können nun auf dieses modifizierte Problem angewendet werden. Um die Suche zu beschleunigen, findet die Routenberechnung in zwei Schritten

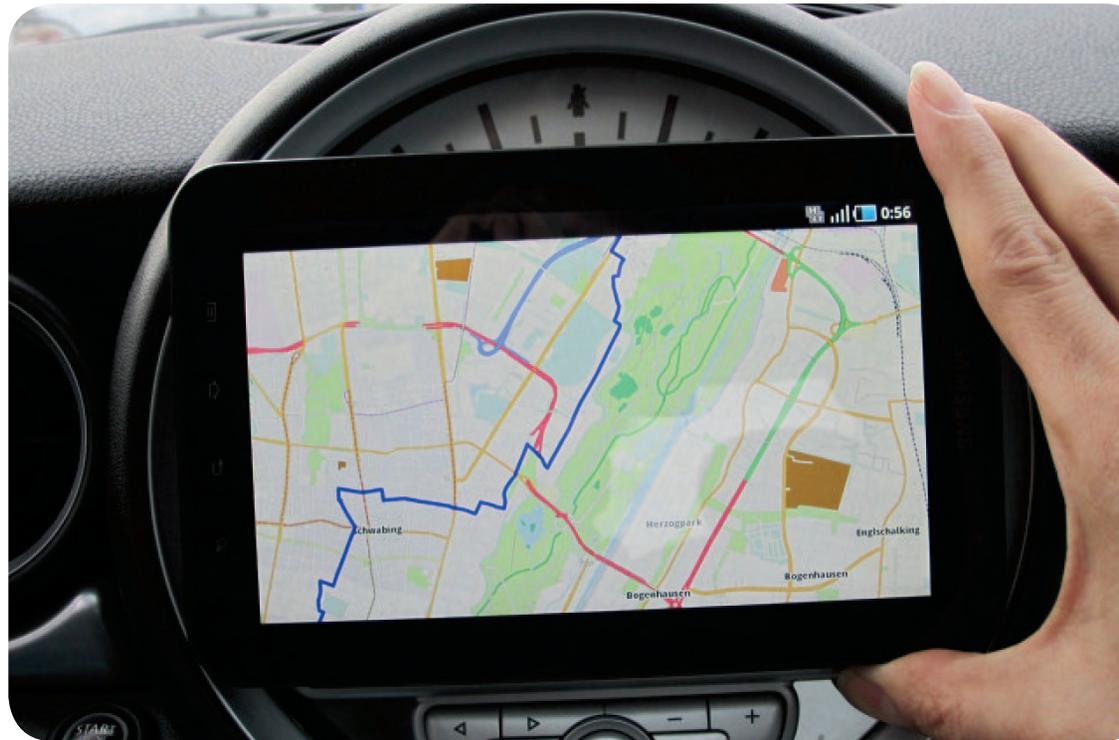


Abb. 7.3: Android Applikation mit berechneter energieoptimalen Route

statt. Zunächst wird eine sogenannte Potentialfunktion aus der kinetischen und potentiellen Energie abgeleitet, um die negativen Kanten zu beseitigen. Im zweiten Schritt wird eine Heuristik zur Abschätzung der benötigten Energie zum Ziel für eine zielgerichtete Suche verwendet. Die Reichweitenprognose baut auf dem Algorithmus zur Routenberechnung auf, verzichtet aber auf die Heuristik, da in alle Richtungen gesucht wird, um die erreichbaren Knoten zu bestimmen. Hierbei stellte sich die Darstellung der Reichweite als besondere Herausforderung dar. Da die Anzahl der erreichbaren Knoten sehr groß ist, wird die Reichweite durch eine speziell entwickelte Darstellungsmethode für ein Polygon, das in Abb. 7.4 zu sehen ist, dem Fahrer präsentiert. Hierbei wird ausgehend vom Startpunkt die ebene Fläche gleichmäßig in Kreissektoren zerlegt, jeweils der Knoten mit dem größten Abstand vom Startpunkt bestimmt und die so erhaltenen Knoten zu einem Polygon verbunden. Diese Algorithmen wurden als serverbasierte Dienste realisiert und werden durch die Leitwarte von Soloplan für die



Abb. 7.4: Reichweitenkarte

Berechnung der Reichweitenkarte angesprochen. Um diese einer größeren Nutzergruppe zur Verfügung stellen zu können, wurde zusätzlich ein Webfrontend (www.greennav.org) und eine Android Applikation (siehe Abb. 7.3) entwickelt.

Das Fahrzeugmodell wurde durch reale Messdaten, die von der Hochschule Kempten freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurden, verifiziert und es konnte exemplarisch anhand des Fahrzeugs Sam eine sehr geringe Abweichung von wenigen Prozent festgestellt werden. Im Vergleich zur schnellsten Route kann eine energieoptimale Route gemäß dem Modell bei der Strecke Memmingen nach Immenstadt 33% der Energie einsparen. Das System berechnet die energieoptimalen Routen und die Reichweitenprognose in unter drei Sekunden, wobei für den Speicherverbrauch nur die Größe des Graphenmodells ausschlaggebend ist.

Diese Ergebnisse wurden auf den Konferenzen, 25th AAAI Conference on Artificial Intelligence und 33rd Annual German Conference on Artificial Intelligence veröffentlicht.

Um die Idee einer „Energy Farm“ und die damit verbundene Nutzung verschiedener Energiespeicher (u.a. die Li-Ion Batterie eines Hybridtraktors von John Deere) zu validieren und auf Ihre Alltagstauglichkeit und den tatsächlichen Nutzen zu überprüfen, wurde in Zusammenarbeit zwischen der TUM und John Deere ein Simulationsmodell in Matlab/Simulink erstellt.

Ziel des Modells war die Ermöglichung einer Bewertung des Nutzens verschiedener Batteriespeicher für sogenannte „Modellfarmen“ welche sich im allgemeinen landwirtschaftlichen Aufbau und in der Kombination der zur Verfügung stehenden erneuerbaren Energien (verschiedene Größen Biogas-/Photovoltaikanlagen) unterscheiden. Jahresdaten für die Stromeinspeisung unterschiedlicher Formen von erneuerbaren Energien wurden hierbei freundlicherweise von der Allgäuer Überlandwerk GmbH zur Verfügung gestellt.

Das Modell besteht im Wesentlichen aus drei Submodellen:

- Modellierung von Strombedarf und Stromerzeugung auf der Farm und Netzstabilisierungsmaßnahmen durch die Batterie(n)
- Nutzung der Batterie durch Traktoren (verschiedene Arbeitsarten zu verschiedenen Zeiten des Jahres)
- Steuerung der Batterien und der Netzstabilisierungsmaßnahmen

Abhängig vom Arbeitsbedarf an verschiedenen Tagen des Jahres kann die Kontrolleinheit die Energiespeicher für Netzstabilisierungsmaßnahmen zur Verfügung stellen oder aber eine Vollladung erzwingen um einen gesicherten Arbeitsablauf am nächsten Tag zu ermöglichen. Mit den Ergebnissen des Modells kann die Belastung des Stromnetzes durch die Energy Farm ohne und mit Energiespeicher als Puffer sowie in verschiedenen Betriebsmodi verglichen werden. Diese Daten können genutzt werden um beispielsweise verschiedene Speichergrößen hinsichtlich des Kosten/Nutzenfaktors zu bewerten.

7.4 Ausblick

Das entwickelte Softwaresystem für Routing und Reichweitenprognose kann als fertige Lösung in weiteren Forschungsvorhaben im Bereich der Elektromobilität verwendet werden. Eine offene Fragestellung ist hierbei die Integration eines Verkehrsflussmodells um Stauinformationen und Vorfahrtsregeln zu berücksichtigen. Dies würde eine präzisere Energieverbrauchsrechnung ermöglichen.

Weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich des Energy Farm-Modells besteht in der Einbindung einer Modellierung der Alterung der Energiespeicher durch die Netzstabilisierungsmaßnahmen in das Gesamtmodell. Diese bestimmt maßgeblich den ökonomischen Erfolg eines solchen Konzepts.

Vor dem Hintergrund der gemeinsamen Erfahrungen, streben Mitarbeiter der TUM und der Firma Move About eine Unternehmensgründung an. Dadurch sollen die Teile der erarbeiteten IKT-Lösung für das Auto in marktfähige Produkte überführt werden.

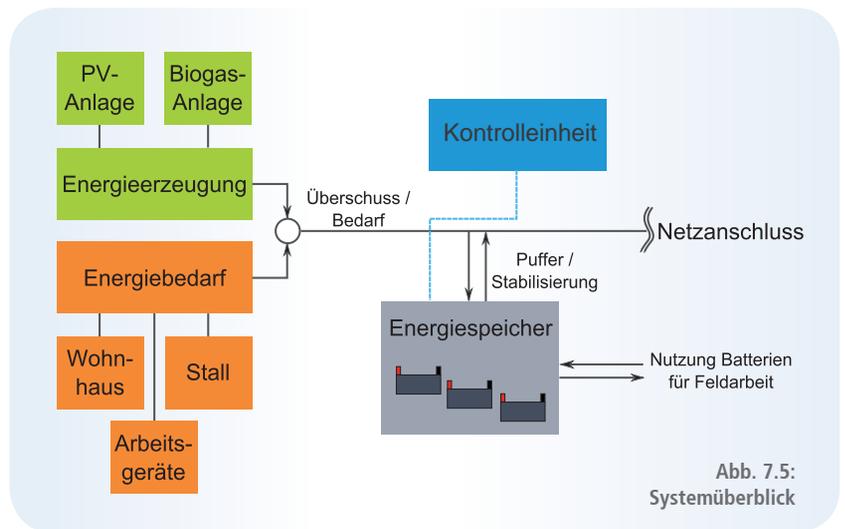
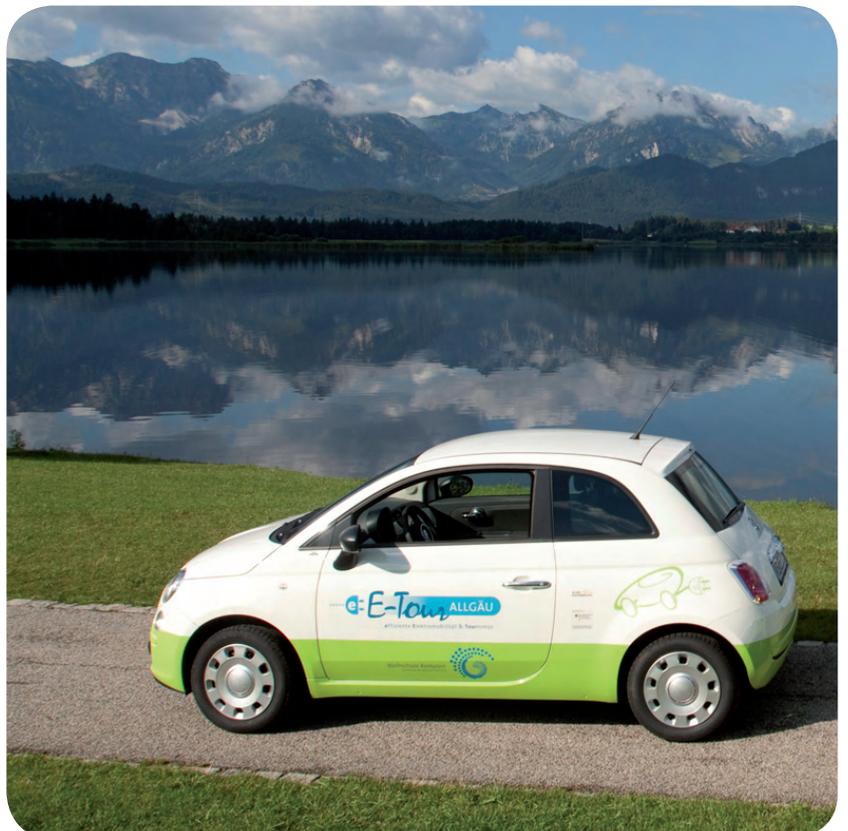
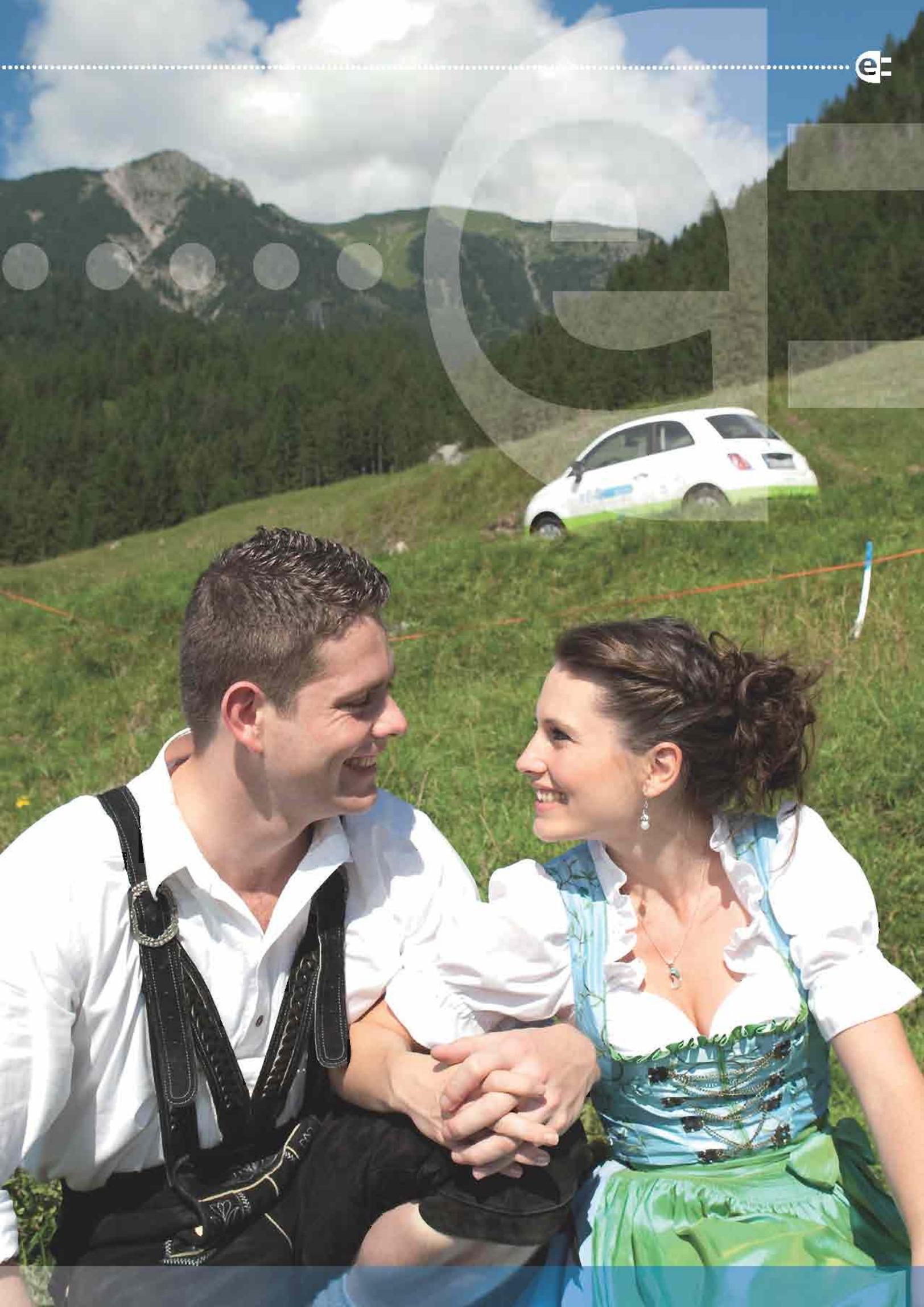
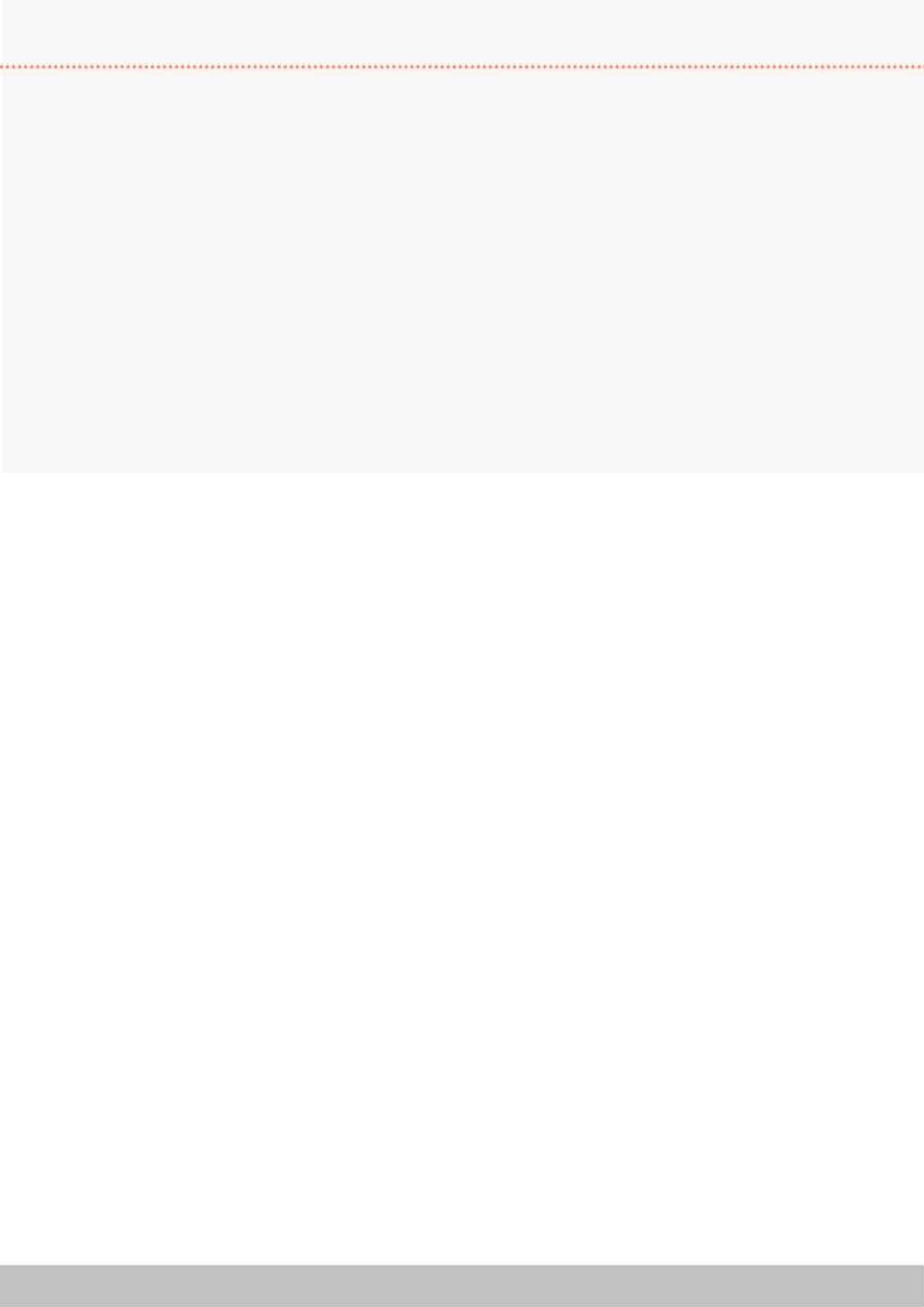


Abb. 7.5: Systemüberblick







8 ■ AL-KO

AL-KO

AL-KO

nachhaltige Zukunftsmobilität

Mit dem EPC, dem Electric Power Chassis, will AL-KO bei eE-Tour Allgäu einen Beitrag zur Erweiterung der Fahrzeugflotte durch ein Nutzfahrzeug und damit zur Erweiterung der Auswertung um Bewegungsmuster wirtschaftlich-logistisch begründeter Fahrtenmotivation leisten. Dadurch sollen die Marktmöglichkeiten für die Elektromobilität im Bereich Versorgung von umweltsensiblen Innenstädten ausgelotet werden.

8.1 eE-Tour Allgäu und AL-KO

AL-KO mit Hauptsitz in Kötz (Landkreis Günzburg) ist ein global agierendes Unternehmen mit 50 Standorten und mehr als 3.700 Mitarbeitern auf allen Erdteilen, das sich in die drei Geschäftsbereiche Fahrzeugtechnik, Garten + Hobby sowie Luft- und Klimatechnik aufgliedert.

Der Unternehmensbereich AL-KO Fahrzeugtechnik, der mit seinem Forschungsprojekt EPC Teil von eE-Tour Allgäu ist, entwickelt und produziert verschiedenste Produkte. Im Geschäftsfeld der Anhängerkomponenten für Nutzfahrzeuge/ Nutzanhänger werden u. a. Achsen, Anti-Schlinger-Systeme, Caravan-Leichtbau-Chassis und Auflaufeinrichtungen hergestellt. Tiefrahmenchassis für ver-

Abb. 8.1:
Überblick
AL-KO



Triebkopf OEM

Chassis + Achse AL-KO



Abb. 8.2: AL-KO-Chassis

schiedene Basisfahrzeuge sowie Luftfederungs- und Dämpfungssysteme bilden den Kern des Segments AMC, in dem auch die Entwicklung des EPC als Teil von eE-Tour Allgäu angesiedelt ist. Die Kunststofftechnik beinhaltet Produkte

AL-KO EPC

Mit dem Electric Power Chassis (EPC) präsentiert AL-KO ein zukunftsweisendes System, das ohne Reichweiteinschränkung alle Vorteile des emissions- und geräuscharmen Elektro- bzw. Hybridantriebs vereint. Das wesentliche Plus des EPC ist die vollständigen Integration in das Leichtbauchassis AMC von AL-KO. Die Traktionsbatterien mit Lithium-Polymer-Technologie verschiedener Größen, Elektromotor, Kühlsystem für Traktionsbatterien, Leistungselektronik, das Ladesystem, die elektrische Unterdruckpumpe sowie sämtliche Nebenaggregate benötigen keinen zusätzlichen Bauraum.

wie technische Komponenten, technische Verpackungen und Werkstückträger. Seilzüge, Seilzugeinstellungen und Anhängerkupplungen werden im Geschäftsfeld Automotive gefertigt.

8.2 Das AMC-Chassis als ideale Basis für EPC

Das AL-KO AMC-Chassis verbessert durch seinen tiefen Schwerpunkt die Straßenlage von leichten Nutzfahrzeugen, erhöht die Wankstabilität und sorgt damit für mehr Fahrsicherheit. Basis dafür ist die Tiefrahmenabsenkung um bis zu 220 Millimeter gegenüber dem jewei-

ligen Originalfahrgestell. Mit ihrer Hilfe lässt sich bei Fahrzeugen zudem eine niedrige Einstiegshöhe, eine niedrige Fahrzeuggesamthöhe sowie die Möglichkeit der Doppelboden-Bauweise mit viel Stauraum realisieren.

Durch seine modular regelbare Bauweise lässt sich das AMC (auch nachträglich) in eine Vielzahl wirtschaftlich attraktiver Basisfahrzeuge einbauen: in den populären Fiat Ducato (Typ X250, 2- und 3-Achser) sowie in die baugleichen Schwesstermodelle Peugeot Boxer und Citroën Jumper, in den Mercedes Benz Sprinter/ VW Crafter (2-Achser) und in den Opel Movano/Renault Master (jeweils für 2- und 3-Achser).

Zu den Komfortmerkmalen des gewichtsoptimierten AMC-Chassis gehört auch seine Zuladepazität, die sich im Vergleich zum Originalchassis signifikant erhöht. Neben dem speziellen Leichtbaukonzept, das besonders im gewichtssensiblen Bereich der 3,5-Tonnen-Fahrzeuge (Stichwort: Lkw-Maut, etwa in Österreich) große Bedeutung hat, bietet das Chassis individuell konfigurierbare Baumaße, welche die Achslast je nach Anforderung optimal verteilen und so für eine ruhigere und sicherere Fahrt sorgen. AL-KO entschied sich beim Projekt eE-Tour Allgäu bewusst für das AMC-Chassis als Basis für das EPC, da es das modernste Fahrwerk für Nutz- und Freizeitfahrzeuge ist und durch seine technische Flexibilität bei den Baumaßen und hierdurch realisierbare Radstände ein sehr großes Mengenpotenzial hat.

8.3 Das EPC

Bei der Ausgestaltung des Konzepts des EPC - Electric Power Chassis - entschied sich AL-KO für eine Kombination aus schnellem und nachhaltigem Produktansatz. Beim schnellen Ansatz wird ein Se-

rienfahrzeug verwendet, bei dem die vorhandenen Komponentenaggregate durch einen elektrischen Antriebsstrang ersetzt werden können. Vorteil sind die geringen Entwicklungskosten, als Nachteil steht dem die unausweichliche Anpassung an die bestehende Fahrzeugtopologie gegenüber.

Der nachhaltige Ansatz erfordert die planerisch, technisch wie finanziell sehr aufwändige Neukonstruktion eines Gesamtfahrzeugs - mit dem Vorteil, dass eine optimale Abstimmung aller Komponenten aufeinander möglich ist.

Das EPC-Konzept kombiniert die Vorteile beider Entwicklungsansätze und vermeidet die Nachteile: Das Fahrzeug besteht aus zwei „Hälften“, einem Verbrennungsmotor im Original-Triebkopf des Großserienherstellers sowie einem Elektroantrieb im nachrüstbaren AMC-Chassis.

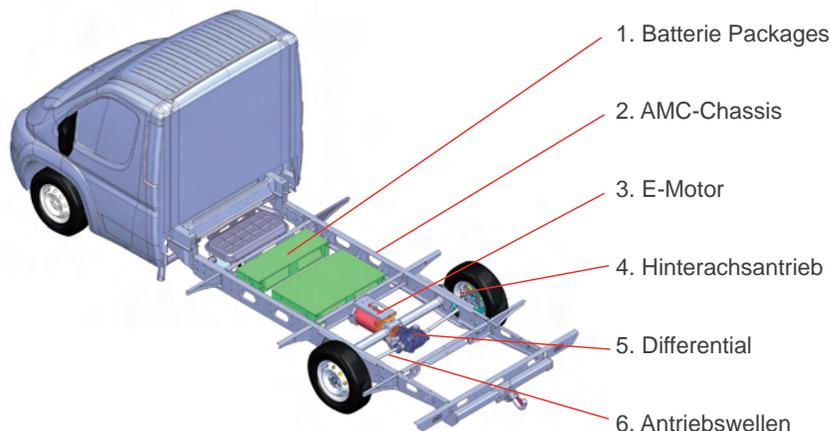


Abb. 8.3: Der Aufbau des EPC Electric Power Chassis mit seinen Modulen.

EPC-Chassis - technischer Steckbrief

(Stand: Juli 2011, Änderungen möglich)

- **Triebkopf:** Fiat Ducato X250
- **Antriebskonzept:** wahlweise Verbrennungsmotor oder Elektroantrieb
- **Nennleistung:** ca. 20 kW
- **Zulässiges Gesamtgewicht:** max. 4.500 kg
- **Höchstgeschwindigkeit:** ca. 55 km/h
- **Reichweite (Ziel):** ca. 90 km
- **Steigfähigkeit:** max. 10,9 % (m = 3.500 kg)

Erkenntnisse gesammelt werden, um ein erstes Kundenfeedback aus dem Caravaning-Bereich zu erhalten und die dort gewonnenen Erfahrungen in das Konzept einfließen lassen zu können.

Im September 2010 präsentierte AL-KO auf der IAA Nutzfahrzeuge in Hannover ein erstes Gesamtfahrzeugkonzept. Ziel war es, durch gezielte Befragungen von bestehenden Kunden als auch potenziellen Neukunden eine Resonanz auch aus dem Nutzfahrzeugbereich zu bekommen, wo aufgrund der besonderen Eignung des Systems für den lautlosen, emissionsfreien Stadtlieferverkehr das Potenzial für EPC besonders groß ist. Die Funktionen des Dummies wurden im Projektverlauf erweitert.

Gleichzeitig ersetzte AL-KO Komponenten, so dass das EPC-System zum Abschluss des Projekts neu aufgebaut werden konnte. Möglich machten dies enge Kooperationen mit erfahrenen Partnern, etwa des Elektroantriebsspezialisten Micro-Vett, sowie die Einbeziehung diverser Fahrzeughersteller. Aufgrund der Flexibilität des AMC-Chassis ergaben sich weit gefasste Einsatzmöglichkeiten des Electric Power Chassis im Segment der Nutzfahrzeuge, ganz besonders rückten die Marktmöglichkeiten für die Elektromobilität im Bereich Versorgung von umweltsensiblen Innenstädten und die daraus entstehenden Geschäftsmodelle für den Mittelstand in den Mittelpunkt.

8.4 Umsetzung und Zukunftsaussichten

Mit dem Einstieg ins Projekt eE-Tour Allgäu begann AL-KO mit Hochdruck am EPC zu arbeiten. Zwei neue Mitarbeiter wurden für Entwicklung und Projektmanagement eingestellt. So konnte, abweichend vom ursprünglichen Zeitplan, bereits im August 2010 ein erster Dummy des Antriebskonzepts auf dem Caravan Salon in Düsseldorf gezeigt werden. Somit konnten erste



Die Vorteile des EPC sind, bei momentaner Kostenstruktur der einzelnen Komponenten, nicht in der Kostenreduktion zu finden. Vielmehr liefert das EPC funktionalen Mehrnutzen in Form von:

- Befahrung von Null-Emission-Zonen
- Geräuschreduktion
- Emissionsreduktion in Städten (Lieferverkehre)
- Einsatz in europäischen Ballungsgebieten (Ruhgebiet, Paris, Mailand)
- optimaler Nutzung vorhandener Technologien (Verbrennungsmotor + E-Antrieb)
- hoher Akzeptanz bei Kunden, keine Änderung des Nutzungsverhaltens erforderlich (Thema Reichweite)
- Großserien-Einsatz bei AL-KO vorhanden (Produktionsstandort, Vertriebsstruktur, Servicestruktur)
- flexibler Anpassung an kundenindividuelle Anforderungen möglich (für Nischen-Fahrzeugbauer interessant)
- weltweiten Einsatzmöglichkeiten in stark wachsenden Mobilitätsmärkten (Asien, Latein- und Südamerika)

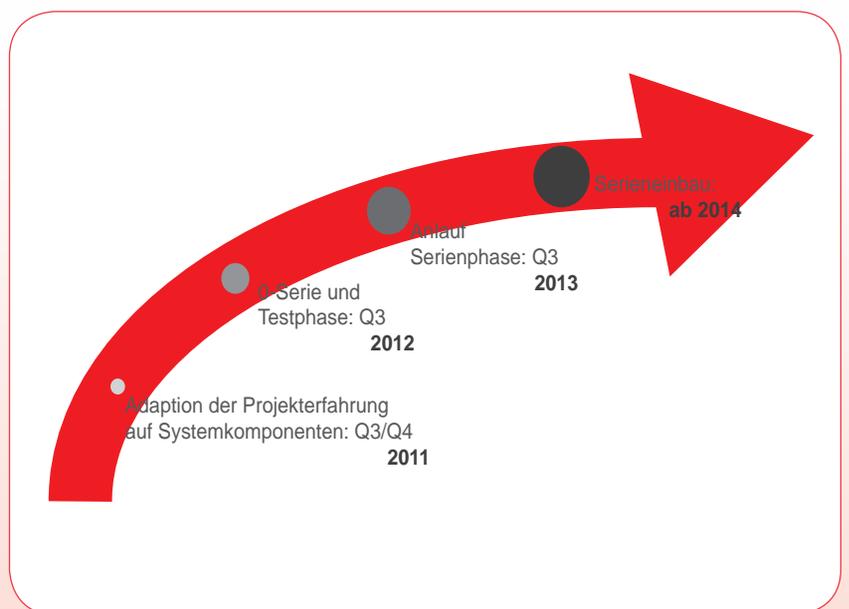
Nach Beendigung des Projekts dienen die erfassten Einsatz- und Belastungsdaten als Basis für die Weiterentwicklung eines nutzeroptimierten Elektro-Antriebsstranges. Weitere Iterationen zum Erreichen höchster Produktqualität sind geplant oder werden bereits realisiert. Anschließend sollen die dabei gewonnenen Erkenntnisse in die Serienfertigung einfließen.

Zur Weiterführung des Projekts gibt es erste Projektpartnerschaften, beispielsweise mit der Hymer AG, die zeitnah eine Studie für das weltweit erste hybride Reisemobil vorstellen wird, sowie mit dem Caravaning-Industrie-Verband (CIVD),

der das EPC als Teil seines Projekts Green Caravaning 2.0 in diesem und im nächsten Jahr auf Messen präsentieren möchte.

Eine schnellstmögliche Serienreife ist anvisiert, die Planung sieht eine Serienphase ab dem 3. Quartal 2013 vor, eine generelle Markteinführung ist für das Jahr 2014 vorgesehen.

Die Erkenntnisse aus der Entwicklung des EPC fließen zudem in die langfristige Produktentwicklung anderer Unternehmensbereiche der AL-KO-Unternehmensgruppe ein, etwa in die Konzeption hybrider/elektrischer Rasenmähertraktoren.





9 ■ ABT Sportsline



ABT Sportsline:

Technische Betreuung der Fahrzeugflotte

Die ABT Sportsline GmbH mit Sitz in Kempten im Allgäu, hat sich seit der Unternehmensgründung als Schmiede im Jahr 1896, zum weltweit führenden Veredler für Fahrzeuge des Volkswagenkonzerns entwickelt. Durch die über Jahre gesammelte Erfahrung im nationalen und internationalen Rennsport sowie in der Motorenveredelung, konnte ABT Sportsline sein Know-how im Bereich der Messtechnik, Datenerfassung und der entsprechenden Analyse auf- und ausbauen. Dabei gehört die Leistungssteigerung von Serienfahrzeugen anhand der neuesten Generation von Vorschaltsteuergeräten durch verarbeiten, verändern und aufzeichnen von CAN-Daten zu den Kernkompetenzen des Familienunternehmens. Aufgrund der Komplexität der Datenbeschaffung und damit einhergehenden Problemen, wurde ABT Sportsline Beginn 2010 Projektpartner von eE-Tour

Allgäu und unterstützte die Arbeit mit dem entsprechenden Fachwissen. Nach einer ausführlichen Problemanalyse, die den bereits vorherrschenden Einblicken in die bestehende Technik der Flottenfahrzeuge zugrunde lag, wurde die Problemlösung durch einen Technologieträger mit „situativer Motorsteuerung“ beschlossen. Ziel dessen ist die Kommunikationspotentiale zwischen Fahrzeug und der im Projekt entwickelten IKT Lösung, zu optimieren.

9.1 Anbindung der Fahrzeughardware an die IKT

Die Anforderung an die Flotte lautete, eine möglichst heterogene Mischung der auf dem Markt verfügbaren Elektrofahrzeuge zusammen zu stellen. Diese heterogene Mischung sorgte für eine aufschlussreiche Zusammenstellung an Elektrofahrzeugen, stellte gleichzeitig aber hohe Ansprüche an die Messtechnik. Denn es galt die unterschiedlichen Datenschnittstellen für ein System anzupassen. In diesem Zusammenhang erwies sich die Zusammenarbeit mit den einzelnen Fahrzeugherstellern als außerordentlich schwierig. Trotz tiefgreifender Geheimhaltungsvereinbarungen, war nur ein geringer Anteil der Hersteller bereit, die benötigten Schnittstellen zur Datenerfassung zur Verfügung zu stellen.

Somit war die Entwicklung eigener Schnittstellen für nahezu jeden Fahrzeugtyp nötig. (Siehe Abbildung Fahrzeugschnittstellen).



Abb. 9.1:
Firmenzentrale
ABT Sportsline

Fahrzeug	Fiat Karabag	Fiat LuPower	SAM	Citysax	Luis4U	Stromos	Think Li-Io	Think Zebra
Schnittstelle	Rs232	CAN	Analog/CAN	Analog/CAN	CAN	CAN	CAN	CAN

Abb. 9.2: Fahrzeugschnittstellen

Mit dem IAV Teledrive wurde ein System gefunden, das alle benötigten Schnittstellen umfasste und so die korrekte Aufzeichnung und Verarbeitung der Daten garantierte. Lediglich beim Fahrzeug des Typs „Citysax“ musste ein zusätzlicher Analog/CAN Wandler eingesetzt werden.

Aufgrund der unterschiedlichen Fahrzeugtypen, benötigte jede Fahrzeugbaureihe eine individuelle Einbaulösung für die folgenden Komponenten.

- Halter mit Kabelverlegung
- Grundgeräte
- Display
- Externe Verstärker
- GPS-Antenne
- UMTS-Antenne

Die Masse an Komponenten erhöhte die Komplexität des Einbaus ungemein.



Abb. 9.3: IAV-Teledrive

9.2 Ermittlung der benötigten Messwerte

Aufgrund des geringen Responses der Hersteller auf die Nachfrage nach entsprechenden Datenschnittstellen, musste eine einheitliche Lösung für die Messtechnik entwickelt werden. Erste Prämissen

in dieser Arbeit war es vor allem ein aufwändiges „Reverse Engineering“ zu vermeiden. Um die Werte der Gesamtspannung, des Fahrstroms und der Batterietemperatur erfassen zu können, sollte

CAN

Das mit CAN abgekürzte Controller Area Network ist ein Datenbus der hauptsächlich in der Fahrzeugtechnik Anwendung findet. Über diesen Bus werden in Fahrzeugen alle relevanten Daten codiert in sehr kurzer Zeit übertragen und die Kommunikation zwischen Steuergeräten sichergestellt.

ein Analog/CAN Wandler, die Werte über im Akku verbaute Analogsensoren messen. Um das Erlöschen der Garantie, die mit dem nötigen Öffnen der Batterieboxen zum Verbau der Messeinheiten einhergegangen wäre zu verhindern, wurde mit einem Teil der Hersteller erfolgreich die Bereitstellung der nötigen Schnittstelle beschlossen. Somit musste nur ein Teil

```

Start time: 02.05.2011 09:49:15.585.x
-----
Message Number  Time Offset (ms)  Type  ID (hex)  Data Length  Code  Data Bytes (hex) ...
-----
1)              1.2    RX    0210 7     FF FF 30 20 90 00 BA
2)              1.4    RX    0480 8     27 10 27 10 27 10 27 10
3)              4.9    RX    0444 8     3F 00 00 00 04 00 00 00
4)              7.6    RX    0263 6     09 00 12 8F 45 00
5)              10.6   RX    0495 2     7F 00
6)              15.2   RX    0210 7     FF FF 30 20 90 00 BB
7)              15.5   RX    0480 8     27 10 27 10 27 10 27 10
8)              17.7   RX    0265 8     FF CF 00 00 00 00 00 00
9)              24.8   RX    0250 8     08 00 40 00 00 00 00 00
10)             25.5   RX    0023 1     40
11)             25.8   RX    0460 8     03 ED 00 00 00 00 00 00
12)             27.4   RX    0310 3     02 00 06
13)             29.2   RX    0210 7     FF FF 30 20 90 00 BC
14)             29.5   RX    0480 8     27 10 27 10 27 10 27 10
15)             43.2   RX    0210 7     FF FF 30 20 90 00 BD
16)             43.5   RX    0480 8     27 10 27 10 27 10 27 10
17)             47.7   RX    0359 8     02 00 00 86 00 00 00 00
18)             57.2   RX    0210 7     FF FF 30 20 90 00 BE
-----

```

Abb. 9.4: CAN-Trace

der CAN-Protokolle erarbeitet werden. Für die nötige Entschlüsselung konnte die geeignete Stelle am CAN-Bus zur Datenübertragung genutzt werden. Eine daraus resultierende „Trace“ wird in der Abbildung 9.4 CAN-Trace dargestellt.

Die Komplexität und die große Masse der so gesammelten Daten, erforderte einen

überdurchschnittlich hohen Zeitaufwand. Hier galt es die übereinanderliegenden Werte in die genaue Zuordnung zu sortieren und die extrem hohe Datenmenge von 1Mbit/s zu filtern. Die folgende Abbildung stellt die final verwendeten Schnittstellenlösungen dar:

Fiat Karabag: Serielle RS232 Schnittstelle vom Fahrzeughersteller zu Verfügung gestellt. Übermittlung von Strom, Spannung und Temperatur je Zelle inkl. Gesamtladezustand

Fiat LuPower: CAN-Bus Protokoll, Ermittlung durch ABT. Übermittlung von Strom, Spannung, Temperatur und SOC (Ladezustand) für das Gesamtsystem

SAM: CAN-Bus: Protokoll vom Fahrzeughersteller zu Verfügung gestellt. Übermittlung von Strom, Spannung, Temperatur und SOC für das Gesamtsystem

Citysax: Analogwerte vom Fahrzeughersteller zu Verfügung gestellt. Schnittstelle durch zusätzlichen Analog/Can Wandler zum Car-PC. Übermittlung von Strom und Spannung für das Gesamtsystem

Luis 4U: CAN-Bus Protokoll, Ermittlung durch ABT. Übermittlung von Strom, Spannung und SOC für das Gesamtsystem

Stromos: CAN-Bus Protokoll vom Fahrzeughersteller zu Verfügung gestellt. Übermittlung von Strom, Spannung, Geschwindigkeit und SOC für das Gesamtsystem

Think Li-Io: CAN-Bus Protokoll, Ermittlung durch ABT. Übermittlung von Strom, Spannung, Temperatur und SOC für das Gesamtsystem

Think Zebra: CAN-Bus Protokoll, Ermittlung durch ABT. Übermittlung von Strom, Spannung, Temperatur und SOC für das Gesamtsystem

9.3 Wartung und Reparatur der Elektrofahrzeugflotte

Bei allen Fahrzeugen, die in der eE-Tour Allgäu Flotte bewegt werden, handelt es sich um Klein- und teilweise Vorserienprodukte, dementsprechend fehleranfällig und wartungsintensiv sind diese. Aufgrund der geringen Händler und Partnerdichte – in der Regel existierte nur ein Partner in ganz Deutschland – wären Wartungsarbeiten mit hohen Kosten und Ausfallzeiten einher gegangen. Aus diesem Grund übernahm ABT Sportsline diese Wartungs- und Reparaturarbeiten. Die bereits erfahrene fehlende Kooperationsbemühung der Hersteller, setzte sich auch im Bereich der Wartung und Reparatur fort. So mangelte es an der Zusammenarbeit im Hinblick auf gesetzlich vorgeschriebene Garantiepfllichten oder Lieferzeiten der benötigten Teile, was in hohen Standzeiten der zu reparierenden Fahrzeugen resultierte. So befinden sich die technische Umsetzung, der Service und die qualitative Anmutung der in der eE-Tour Allgäu vertretenen Fahrzeuge, nicht auf dem Stand der Technik der Serienfahrzeuge. Positiv hervorzuheben sind die Bemühungen der deutschen Hersteller wie Citysax und German E-Cars.

Hinzu kam die benötigte Hochvolt Schulung der ABT Mitarbeiter für Arbeiten an Elektrofahrzeugen. 20 Angestellte wurden in der Wartung der Fahrzeuge geschult. Zusätzlich wurde in einem einwöchigen Seminar sechs weiteren Mitarbeitern, die Thematik der Wartung und Technik der Elektroflotte durch den TÜV Süd nähergebracht.

Pannen und nötige Reparaturen der Fahrzeuge innerhalb der Projektlaufzeit waren auf die geringe Entwicklungszeit und die kurzen Erprobungs-laufzeiten der Fahrzeuge zurückzuführen. So handelte es sich bei den Defekten oft um Mängel mechanischer und nicht elektrischer Art. Dieser Fakt wurde auch von den konsul-

tierten unabhängigen Sachverständigen bestätigt. Mit dem überstandenen Wintereinsatz bestanden die meisten Fahrzeuge ihre Bewährungsprobe im Hinblick auf die Alltagstauglichkeit. Selbst die erwartete Abnahme der Kapazität und damit einhergehend der Reichweite, viel gering aus. Lediglich die herkömmliche 12V Bleibatterie, die das komplette Bordnetz versorgt, viel über den Winter bei fast allen Fahrzeugen mehrfach aus. Weitere Analysen der Ausfall- und Standzeiten können dem Abschnitt „Fahrzeugflotte“ der Hochschule Kempten entnommen werden.

9.4 Aufbau des Technologieträgers E-Caddy

Durch die enge Zusammenarbeit mit den Projektpartnern von eE-Tour Allgäu, insbesondere im Hinblick auf das Flottenmanagement und die damit verbundene intensive Arbeit an den Elektrofahrzeugen, entstand die Idee einen eigenen Projektträger zur Elektromobilität aufzubauen. Als Technologieträger wurde ein Volkswagen Caddy ausgewählt. Aufgrund der langjährigen Erfahrung mit Fahrzeugen aus dem Volkswagenkonzern und des Wissens um die hochwertige Verarbeitung wurde dieses Fahrzeug gewählt.

Für ABT Sportsline bedeutet der Aufbau eines Fahrzeugs mit alternativem Antrieb, die Fortsetzung einer Arbeit, die bereits Ende der 1990er Jahre mit dem Auf-

bau von Erdgas Fahrzeugen begann. Diese Fahrzeuge wurden im Rennsport in Form des A4 1999, beim 24h Rennen vom Nürburgring und mit dem VW Beetle bei der Deutschen Rallye Meisterschaft eingesetzt, um das System den extremen Situationen des Rennsports auszusetzen. Mit der marktreifen Entwicklung fand diese Art des Antriebs seinen Alltags-einsatz im Straßenverkehr. Hier waren es vor allem Minivans der Baureihe VW Sharan in denen das System verbaut wurde. Aus diesem Grund entschied sich ABT Sportsline einen Caddy als Fahrzeug einzusetzen.

Die multivariable Plattform ermöglicht es, die bisher auf dem Markt erhältlichen Elektro-Kleinfahrzeuge um einen Transporter oder mit dem Caddy Life um einen 7-Sitzer zu erweitern. Die folgenden Eckdaten wurden in einem Lastenheft zusammengefasst und zur Konstruktion freigegeben.

Bei der Auswahl der elektrischen Komponenten und Entwicklungspartner wurde darauf geachtet, mit regionalen Zulieferern zusammen zu arbeiten um die kurze Entwicklungszeit und die hohen Anforderungen an die Qualität zu realisieren. Die Auswahl der Hauptkomponenten wurde wie folgt getroffen.

Basis:	VW Caddy Maxi 1.6TD
Leistung/Drehmoment:	60 kW / 135 Nm
Höchstgeschwindigkeit:	140 km/h
Kapazität:	30 kWh
Reichweite:	180 km
Leergewicht:	1600 kg

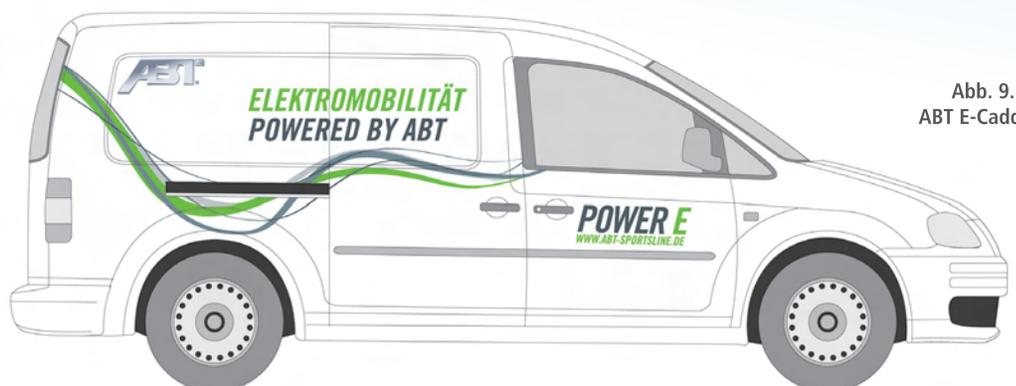


Abb. 9.5: ABT E-Caddy

Hochvolt Energiespeicher

Hersteller:	European Batteries
Typ:	7 Ebattery 40 Module
Technologie:	Lithium-Eisen Phosphat
Kapazität:	7 x 4,3kWh = 30,2 kWh
Kühlung:	aktive Wasserkühlung
Spannung:	360V nominal



Abb. 9.6:
Modul European
Batteries

Antrieb

Motor:	ATE - FS215/160/8
Bauart:	Synchronmaschine
Drehzahl:	maximal 12.000 U/min
Leistung:	60 kW (cont.), 123 kW (peak)
Steuerung:	Aradex - Vectopower



Abb. 9.7:
Vectopower
Antrieb

Die in Abbildung 9.6 dargestellten sieben Batteriemodule werden zur Unterflurmontage in zwei eigens konstruierte Batterieboxen integriert. Um die komplette Abwärme aller elektrischen Komponenten zur Erwärmung des Innenraums nutzen zu können, beinhalten die Boxen wasserdurchströmte Kühlplatten auf denen alle zu kühlenden Bauteile montiert werden. Den Aufbau einer der beiden Boxen zeigt Abbildung 9.8.

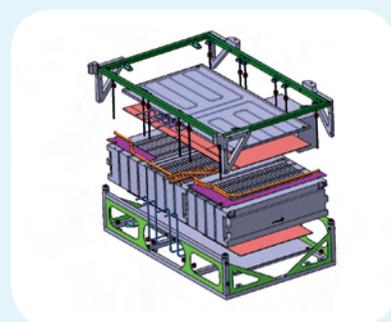


Abb. 9.8:
Akkumulator
Box

Ein anderer wichtiger Bereich, an den viele bei einem Elektroauto nicht direkt denken, sind Zusatzaggregate. Diese werden bei herkömmlichen Fahrzeugen direkt vom Verbrennungsmotor angetrieben. Dazu gehört zum Beispiel die Unterdruckpumpe des Bremskraftverstärkers, sie erzeugt den nötigen Unterdruck um die Pedalkräfte für den Fahrer zu minimieren. Die Lichtmaschine versorgt bei herkömmlichen Fahrzeugen, angetrieben über einen Riemen das 12V Bordnetz mit Energie. In rein elektrischen Fahrzeugen wird sie durch einen DC/DC Wandler ersetzt, welcher durch transformieren der Hochvoltspannung aus der Traktionsbatterie das Niedervoltbordnetz mit 12V versorgt. Für die Klimatisierung des Fahrgastraums, sowie der elektrischen Komponenten, kommen Hochvolt-Heizer sowie Hochvolt-Klimakompressor zum Einsatz.

Wie bereits erwähnt soll der Technologieträger E-Caddy der Erforschung und Erprobung innovativer Ideen dienen. Folgende Ansätze werden hier verfolgt:

- situative Motorsteuerung zur Reichweitenoptimierung
- Novonic Strahlungswärme zur energieeffizienten Klimatisierung der Insassen
- variables Ein- und Dreiphasen Ladegerät
- Nutzung der kompletten Abwärme zur Klimatisierung des Innenraums
- aktive Kühlung der elektronischen Komponenten über einen Chiller (Wärmetauscher)
- programmierbare Netzstandheizung zur Vorkonditionierung des Fahrzeugs

9.5 Entwicklung der situativen Motorsteuerung – SMS

Das Problem, der momentan auf dem Markt erhältlichen Elektrofahrzeuge ist die noch sehr geringe Reichweite. Um Ziele, die sich am Rande der angegebenen Reichweite befinden zu erreichen, hat es ABT sich zum Ziel gesetzt eine sogenannte situative Motorsteuerung zu entwickeln. Sie soll die zur Verfügung gestellte Energie mit der zurückzulegenden Strecke und deren Profil und dem nächstmöglichen Stopp zur Energiegewinnung abgleichen. Im täglichen Einsatz bedeutet dies, dass dem Fahrer die volle Leistung zur Verfügung steht, wenn die zurückzulegende Strecke bis zum nächsten Ladestopp die Reichweite, die das Fahrzeug unter Vollast hat, nicht überschreitet. Sollte diese überschritten werden, so passt das System die Leistungsabgabe so an, dass der Fahrer die zu fahrende

Strecke ohne zusätzlichen Tankstopp bewältigen kann. Der Fahrer hat also nicht die volle Leistung zur Verfügung. Somit nutzt das Fahrzeug, dank der situativen Motorsteuerung die Energie bestmöglich aus. Im Falle einer vollen Batterie verbunden mit einer nur kurzen Fahrstrecke, kann das System thermisch und energetisch bis zu seiner Obergrenze belastet und dem Fahrer ein Maximum an Performance bereit gestellt werden.

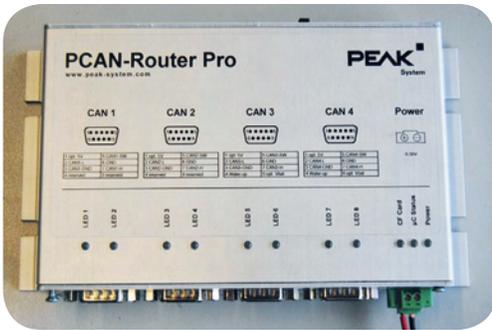


Abb. 9.9:
Steuergerät Peak

Um das System mit den nötigen Daten zu versorgen, werden verschiedene Fahrmodi auf der Routingeinheit hinterlegt. Sollte das Ziel mit der Standardkonfiguration nicht erreicht werden, wird eine zweite Konfiguration geladen und berechnet. Über verschiedene Einschränkungen bezüglich angenommener Geschwindigkeiten und Zusatzverbraucher wird der voraussichtliche Energieverbrauch gesenkt. Kann das Ziel nach der Neuberechnung erreicht werden, sendet der Car-PC via CAN Schnittstelle sekundlich die für den jeweiligen Straßenabschnitt angenommenen Parameter, wie Geschwindigkeit und Leistung. Die Motorsteuerung passt daraufhin die maximale Leistungsabgabe auf die entsprechenden Werte an. Damit soll einerseits gewährleistet werden, dass auf jedem Straßentyp (Fernstraße, Innerstädtisch, etc.) genügend Leistung für eine ausreichende Geschwindigkeit zur Verfügung steht, aber auf der anderen Seite das Ziel erreicht werden kann. Um einen solchen Eingriff

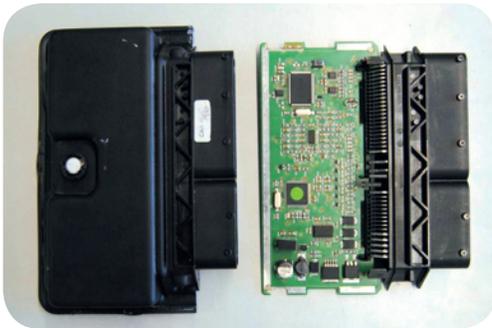


Abb. 9.10:
ABT Engine Control

in die Fahrzeugsteuerung zu erreichen, wurde für den ersten Prototypen eine Fahrzeugsteuerung auf Basis des in Abbildung 9.9 gezeigten PEAK CAN Routers aufgebaut und programmiert. Für weitere Fahrzeuge und einer eventuellen Kleinserie wird parallel das von ABT-Sportsline entwickelte Vorschaltsteuergerät AEC (Abbildung 9.10 ABT Engine Control) für den Einsatz im E-Caddy optimiert.

Dem Fahrer stehen zwei Möglichkeiten zur Auswahl um das Fahrzeug, wie geplant zum gewünschten Ziel zu bringen. Wählt der Fahrer die erste Möglichkeit ist er selbst dafür verantwortlich den Energieverbrauch zu regeln, da die Motorsteuerung nicht in das Energiemanagement eingreift. Entscheidet sich der Fahrer für Möglichkeit zwei wird der Verbrauch des Fahrzeugs entsprechend angepasst. Hier kann zunächst die Leistungsaufnahme der Komfortverbraucher, wie Heizung, Klimaanlage und Radio reduziert werden, um dadurch die Reichweite des Fahrzeugs zu vergrößern. Ist dies nicht ausreichend um das Ziel zu erreichen, werden die Fahreigenschaften des Fahrzeugs eingeschränkt, indem die Geschwindigkeit an die Straßenbedingungen angepasst wird. Um die bestmögliche Energieausbeute zu erreichen wurden Berechnungen und Simulationen durchgeführt. Hierfür wurde der Einfluss der Beschleunigung und der Geschwindigkeit auf den

$$F_a = a * k_{rot} * (M + m)$$

F_a : Beschleunigungswiderstand

a : Beschleunigung

k_{rot} : Korrekturfaktor, rotierende Massen

M : Fahrzeugmasse

m : Zuladung

$$F_L = \frac{1}{2} c_w * \rho * A * v^2$$

F_L : Luftwiderstand

c_w : Luftwiderstandsbeiwert

ρ : spez. Dichte (Luft)

A : Projizierte Fläche von vorne

v : Geschwindigkeit

Energieverbrauch untersucht. Folgende Formeln stellen den Zusammenhang zwischen Fahrwiderstand und Einflussparameter dar. Da die Geschwindigkeit, wie in obenstehender Formel ersichtlich quadratisch in die Berechnung des Luftwiderstands eingeht, verringert sich bei einer Reduzierung der Geschwindigkeit um 20% die aufzubringende Kraft um 36%. Es ist daher energetisch sinnvoll die, bezogen auf den jeweiligen Straßentyp maximale Geschwindigkeit zu begrenzen.

Eine weitere Überlegung war, die maximale Beschleunigung zu beschränken. Durch Simulation stellte sich heraus, dass eine Verringerung der Beschleunigung keine wesentliche Reduzierung des Verbrauchs nach sich zieht. Einerseits wird auf den meisten Straßentypen relativ selten beschleunigt, da beispielsweise auf Landstraßen meist mit konstanter Geschwindigkeit gefahren wird. Andererseits ist der Wirkungsgrad von Elektromotoren bei Nennleistung besser als bei niedrigerer Leistungsabgabe, dadurch arbeitet die Elektromaschine im Nennbetrieb effizienter, beschleunigt das Fahrzeug stärker kann daher länger mit konstanter Geschwindigkeit gefahren werden.

9.6 Fazit

ABT Sportsline hat mit diesem Projekt absolutes Neuland betreten. Aufgrund der Projektplanungskennntnisse, die durch Arbeiten und Neuaufbauten im Motorsport und im Bereich der Veredelung vorliegen, war es dem Unternehmen allerdings möglich, diese neuen Aufgaben die das Projekt mit sich brachte entsprechend zu verteilen und strukturiert zu erarbeiten. Zwar handelt es sich bei dem kompletten Projekt um absolutes Neuland, das es sich aber aus Sicht der ABT Sportsline GmbH lohnt zu betreten, da es sich hier um die Zukunft des Automobils handelt. Aus diesem Grund wird das Projekt E-Mobilität weitergeführt um bis zur Marktreife entwickelt zu werden.



e-E-Tour ALLGÄU

effiziente Elektromobilität & **Tourismus**



10 ■ John Deere



JOHN DEERE

John Deere:

Elektromobilität in der Landwirtschaft – ein Beitrag zu einer sicheren und CO₂-freien Stromversorgung

10.1 Der Traktor als Mild-Hybrid Fahrzeug

Im Projekt eE-Tour Allgäu hat JD eine große Li-Ion Batterie (Speicherkapazität 50 kWh) in einen Traktor integriert. Grundsätzlich kann die Batterie über einen Starkstromanschluss aus dem Netz oder direkt an der Ladesäule der eigenen PV- oder Windkraftanlage geladen werden. Alternativ kann die Batterie im reinen Fahrzeug-Betrieb ohne die sog. Grid-Plug-In-Anbindung von einem 20 kW starken elektrischen Generator des Traktors geladen werden, der vom Dieselmotor des Traktors angetrieben wird. Das Fahrzeug ist dann im sogenannten Mild-Hybrid-Betrieb. Fließt der Strom aus der Batterie zum Fahrzeugantrieb zurück, wird aus dem Generator ein Elektromotor, der den Verbrennungsmotor unterstützt.

Im Ergebnis kann der Verbrennungsmotor effizienter genutzt werden, Abgasemissionen können reduziert und die Leistung des Traktors zeitweise erhöht werden („Boosten“). Ist die Batterie leer, kann sie leicht gegen eine geladene Ersatzbatterie ausgetauscht werden.

JD hat für das eE-Tour Allgäu Projekt verschiedene Komponenten entwickelt, auf einander abgestimmt und getestet: neben der Batterie sind das die Leistungselektronik, die Fahrzeugsteuerung und dazugehörige Software und die Überwachung des Starkstromanschlusses.

10.2 Der Traktor als flexible Energiezentrale

Vielfach (bis 90% Zeitanteil) ist der Traktor nicht in Betrieb. In dieser Zeit kann er stationär genutzt werden, um elektrische Geräte zu betreiben oder sogar Strom ins Netz einzuspeisen. Ist der Strombedarf gering, kann der Bedarf aus der geladenen Batterie bedient werden. Bei höherem Strombedarf dient der Verbrennungsmotor des Traktors mit dem Generator als Notstromaggregat und versorgt sensible Stromverbraucher.

Alternativ kann die Batterie vom Traktor losgelöst als Notstromversorgung dienen. Ihre Kapazität reicht aus, um z.B. bei einem Stromausfall ohne Nachladung eine Melkmaschine und Milchkühlung für 80 Kühe mindestens einen Tag lang zu versorgen.

Umgekehrt kann die Batterie des Traktors auch elektrische Energie aufnehmen, die anderweitig nicht benötigt oder nicht über das Netz abgeführt werden kann.



Energie aus Biogas



Solarenergie



Alternative Kraftstoffe



Windenergie



Die Nutzung von Wind, Sonne und Biomasse zur Energieversorgung ist eine der dringendsten Herausforderungen für unsere Gesellschaft. Die Landwirtschaft befindet sich hier direkt an der Quelle. Ihr kommt als Energieerzeuger eine Schlüsselstellung zu - und das nicht nur für Biomasse. Landwirte verfügen auch über große Dachflächen für Photovoltaik (PV-)anlagen und geeignete Standorte für Windkraftanlagen. Diese erbringen sogar einen bis zu zehnfach höheren Energieertrag je Hektar als Biomasse vom Acker. Wird Strom aus Wind oder Sonne in Elektrofahrzeugen genutzt, statt Treibstoff vom Acker in Verbrennungsmotoren, ist der „Kilometer-Ertrag“ je Hektar sogar 20 bis 30 Mal größer, da Elektromotoren zwei- bis dreimal so effizient sind wie Dieselmotoren – und Monokulturen mit Energiepflanzen werden vermieden.

Besonders effizient ist es auch, wenn der in landwirtschaftlichen Betrieben erzeugte Strom vor Ort verbraucht wird, statt über lange Netzleitungen weggeführt zu werden. Bedarf an elektrischer Energie gibt es dazu genug: Melkmaschinen, Kühlaggregate u.a. erfordern eine sichere Stromversorgung – übrigens auch dann, wenn die öffentliche Stromversorgung ausfällt. Doch das Potential zur erneuerbaren Energieversorgung auf landwirtschaftlichen Betrieben geht über den Eigenbedarf weit hinaus. Die Herausforderung liegt darin, Wege zu finden, dieses hohe Potential zu nutzen, so dass die Landwirtschaft einen Beitrag zu einer sicheren und CO₂-freien Stromversorgung leisten kann, ohne dass dazu Netzleitungen in großem Umfang verstärkt oder neu gelegt werden müssen. Dieser Herausforderung hat sich John Deere (JD) gestellt und hat dazu im Projekt eE-Tour Allgäu ein Schlüsselement entwickelt: eine mobile Energiezentrale in Gestalt eines landwirtschaftlichen Fahrzeugs.

Abb. 10.1: Erneuerbare Energien in der Landwirtschaft

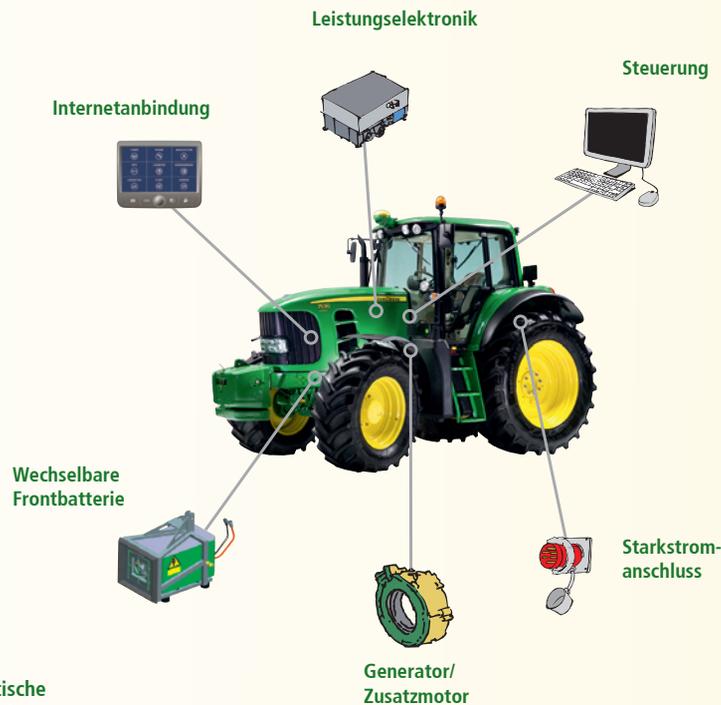


Abb. 10.2: Schematische Darstellung des Mild-Hybrid Fahrzeugs

Besonderheiten des Traktors als Mild-Hybrid Fahrzeug:

- Große Li-Ion Batterie (50kWh)
- Batterie ersetzt Ballastgewicht
- Batterie kann leicht gewechselt werden – die effektive Kapazität wird um die Reservebatterien erhöht
- Starkstromanschluss am Traktor ermöglicht Nachladen der Batterie direkt an der Ladesäule am eigenen Windrad oder an der eigenen PV-Anlage
- Ebenso ist ein Nachladen der Batterie am Netz möglich

Besonders interessant ist die Nutzung als Pufferspeicher für fluktuierende erneuerbare Stromerzeuger wie PV- oder Windkraftanlagen. Diese können dann größer ausgelegt werden, als die bestehende Netzverbindung zulässt und speisen in Zeiten eines Stromüberangebots in die Batterie ein.

Diese Funktionen erlauben eine Nutzung des Traktors für ein umfassendes Energiemanagement landwirtschaftlicher Betriebe und als aktive Komponente intelligenter Stromnetze (Smart Grids). Das bringt Vorteile für den Landwirt, den Stromnetzbetreiber und die Umwelt.

Landmaschinen verfügen bereits heute über hochinnovative Antriebssysteme (z.B. Hybridantriebe in Form der hydrostatisch-mechanischen Leistungsverzweigung, Lastschaltgetriebe ähnlich dem PKW-Doppelkupplungsgetriebe). Mit dem Mild-Hybrid Traktor des eE-Tour Allgäu Projekts baute JD darauf auf und setzte den entscheidenden Schritt hin zu einer umfassenden Elektrifizierung der Landwirtschaft.

Durch den zusätzlichen Elektromotor wird der Traktor leistungsstärker. Zugleich steigen seine Effizienz und damit die Produktivität. Er ist besser steuerbar und Arbeiten lassen sich mit größerer Genauigkeit durchführen. Die in eE-Tour erprobte elektrische und Kommunikationsinfrastruktur des Mild-Hybrid-Traktors eröffnet weitere Optionen zur



Abb. 10.3: Farm-Energie-Lastmanagement

stärkeren Automatisierung des gesamten landwirtschaftlichen Betriebs.

Werden der Elektromotor des Traktors und die integrierte Batterie passend ausgelegt, kann der Verbrennungsmotor zeitweise abgeschaltet und der Traktor rein elektrisch betrieben werden. Dadurch können Leerlaufzeiten reduziert und einige Arbeiten sogar ohne Verbrennungsmotor und damit ohne Lärm und Abgase durchgeführt werden – wichtig für touristische Gebiete.

Nicht zuletzt eröffnen die Zusatzfunktionen Einsparmöglichkeiten und neue Einkommensquellen.

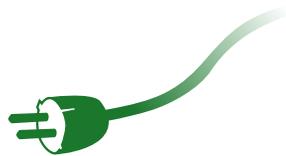
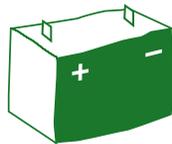
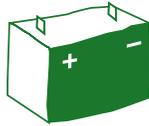
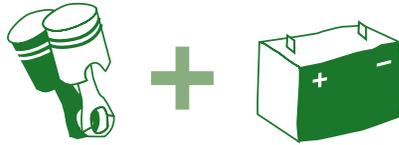
Besonderheiten des Traktors als Energiezentrale

- Batteriewechselkonzept erlaubt stationäre Nutzung (z. B. als Notstromversorgung bei einem Stromausfall)
- Batterie kann Strom aus regenerativen Energiequellen (z. B. Windrad, PV- Anlagen) aufnehmen, puffern und das Netz entlasten
- Farm-Energie-Management wird ermöglicht
- Potenziale erneuerbarer Energien können genutzt werden
- Energiesparpotenziale werden umfassend erschlossen
- Es können Netzdienstleistungen angeboten werden



Abb. 10.4: Einsatz des Energiespeichers

Funktionalität und Komfort – das bringt die Einbindung landwirtschaftlicher Fahrzeuge in ein umfassendes Elektrifizierungskonzept



Bessere Funktionalität:

Leistungsstarkes Fahrzeugverhalten
Höhere Effizienz und Produktivität
Bessere Steuerbarkeit und Genauigkeit
Option für weitergehende Automatisierung

Höherer Komfort:

Weniger Leerlaufzeiten
Zeitweise lärmfreies Fahren
Weniger Abgase

Zusatzfunktionen:

Verwendung des Traktors als Notstromaggregat
Nutzung zusätzlicher erneuerbarer Energien
Zusatzeinkommen durch Netzdienstleistungen

Abb. 10.5:
Vorteile der
Elektrifizierung

Unsere Vision ist die Umsetzung eines nachhaltigen Energiekonzepts

- Mehr Effizienz
- Verbesserte Leistungsfähigkeit des Fahrzeugs
- Verminderung von Treibhausgasen
- Eine starke, dezentrale Energieversorgung
- Innovative Technologien

10.3 Die Umwelt und das Klima profitieren

Ein elektrisches, batteriebetriebenes landwirtschaftliches Fahrzeug, das Strom aus regenerativen Energiequellen nutzt, trägt dazu bei, große, erneuerbare Energiequellen jenseits der Biokraftstoffe für mobile Anwendungen zu erschließen. Das entlastet die Umwelt und das Klima. JD verglich die ökologischen Auswirkungen verschiedener Optionen.

Wird nur konventioneller Diesel durch elektrische Energie aus dem Netz ersetzt, ist der Vorteil für die Umwelt gering, denn Netzstrom wird überwiegend in großen thermischen Kraftwerken erzeugt. Dabei geht viel Energie verloren. Dennoch werden Gesamtenergieverbrauch und Klimabelastung um etwa 15% reduziert, da ein Elektromotor sehr viel effizienter ist als ein Verbrennungsmotor. Das überkompensiert leicht den geringen Wirkungsgrad der Kraftwerke und des Stromtransports im Netz. Die Verringerung der Belastung durch einige Umweltschadstoffe ist etwas höher, da thermische Kraftwerke bessere Filter haben als Traktormotoren.

Biokraftstoffe, die Diesel ersetzen, führen zu deutlich höheren Treibhausgasreduktionen, etwa 60% im Fall von reinem Pflanzenöl. „Tankt“ der Traktor dagegen elektrischen Strom aus Windenergie, verursacht dies weniger als fünf Prozent der Emissionen im Vergleich zu Diesel oder Netzstrom.

Ein Vorteil für Umwelt und Klima ergibt sich dabei nicht nur bei reinen Elektrofahrzeugen. Schon Hybrid-Fahrzeuge mit einem teilweisen Ersatz des Diesels durch regenerativ erzeugte elektrische Energie bringen erhebliche Verbesserungen hinsichtlich des Gesamtenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen mit sich.

Im Rahmen einer ökonomischen Betrachtung hat JD die Energiekosten eines rein elektrisch betriebenen Traktors mit denen eines konventionellen verglichen. Durch den deutlich besseren Wirkungsgrad des elektrischen Antriebs ist selbst erzeugte Energie aus erneuerbaren Quellen für den Landwirt eine attraktive Alternative zu Diesel.

10.4 Elektromobilität in der Landwirtschaft – eine wirtschaftliche Betrachtung

Im Rahmen einer ökonomischen Betrachtung hat JD die Energiekosten eines rein elektrisch betriebenen Traktors mit denen eines konventionellen verglichen. Durch den deutlich besseren Wirkungsgrad des elektrischen Antriebs ist selbst erzeugte Energie aus erneuerbaren Quellen für den Landwirt eine attraktive Alternative zu Diesel.



Konventioneller Antriebsstrang

Der Wirkungsgrad beträgt ungefähr 35%, d.h. nur dieser Anteil der tatsächlichen Energie des Kraftstoffs steht als mechanische Nutzenergie zur Verfügung.

Elektrischer Antriebsstrang

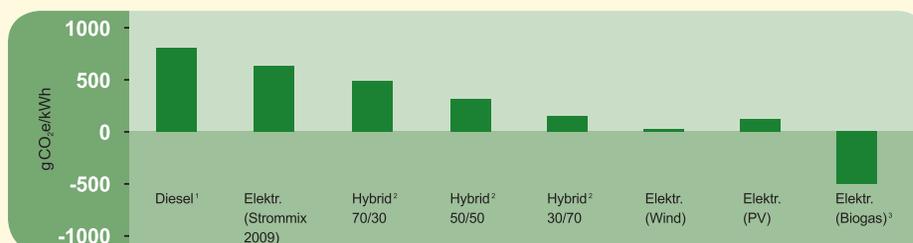
Beim elektrischen Antriebsstrang wird der Wirkungsgrad durch das Zusammenspiel von Batterie, Leistungselektronik und Elektromotor bestimmt. Zusammen haben diese einen deutlich besseren Wirkungsgrad (ca. 80%) als der konventionelle Antriebsstrang.



Betrachtet man lediglich die direkten Energiekosten des Maschineneinsatzes, dann ist Windenergie mit Abstand die günstigste Lösung. Der Strom aus Biogasanlagen ist zwar etwas teurer, aber auch hier wäre bereits heute ein wirtschaftlicherer Betrieb als mit Netzstrom oder Diesel gegeben. PV-Anlagen, die heute noch die teuerste Form der erneuerbaren Energieerzeugung sind, werden in naher Zukunft Strom zu Kosten deutlich unter dem Bezugspreis elektrischer Energie bereitstellen können.

Die Option, die Batterie des Traktors auch stationär zur Netzeinspeisung und -pufferung einzusetzen, erweitert die Möglichkeiten der Eigenerzeugung von Strom, ermöglicht Netzstrombezugskosten zu vermeiden und Einkommen für Netzdienstleistungen zu erzielen. Für die wirtschaftliche Beurteilung dieser Möglichkeiten sind die gesetzlichen Rahmenbedingungen (z.B. Erneuerbaren-Energien-Gesetz) sowie die technischen Weiterentwicklungen entscheidend.

Abb. 10.6: CO₂-Äquivalent pro kWh mechanische Nutzenergie¹

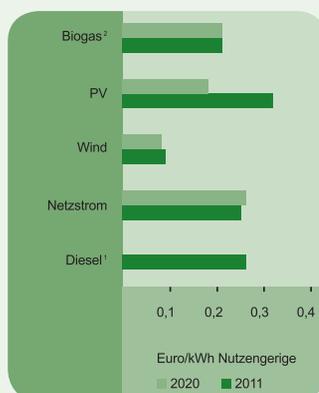


¹ Diesel mit 35% Wirkungsgrad, Elektroantrieb mit 80% Wirkungsgrad.

² Hybrid z.B. Antriebsanteile 70% konventionell / 30% elektrisch (mit Strommix aus Wind, PV und Biogas jeweils 1/3)

³ Blockheizkraftwerk (BHKW) mit Biogas; durch Kraft-Wärme-Kopplung ergibt sich Emissionsgutschrift

Abb. 10.7: Kosten der mechanischen Traktorarbeit für verschiedene Energiequellen



¹ Diesel inkl. Agrardieselvegütung

² Biogas aufgrund unterschiedlicher gegenläufiger Kosteneffekte schwer prognostizierbar (Annahme konstanter Kosten)

Abb. 10.8: Die Traktorbatterie als Strompuffer entlastet das Netz und hilft Strom bedarfsgenau bereitzustellen

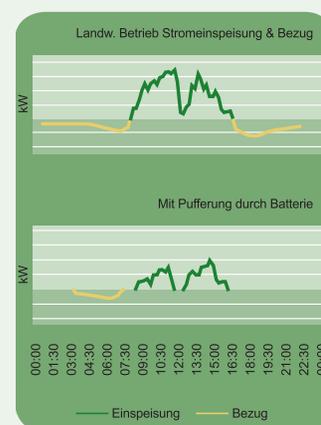


Abb. 10.9 Die Zukunftsvision: Der landwirtschaftliche Betrieb als integrierte Energiefarm



11 ■ Energy4U



Energy4U

Im Rahmen der Elektromobilität treten Geschäftsprozesse auf, die denen der Stromwirtschaft wie zum Beispiel dem Abrechnen sehr ähnlich sind. Darüber hinaus müssen aber auch für Versorgungsunternehmen bisher weniger bekannte Prozesse wie das Identifizierungs- und Authentifizierungsverfahren

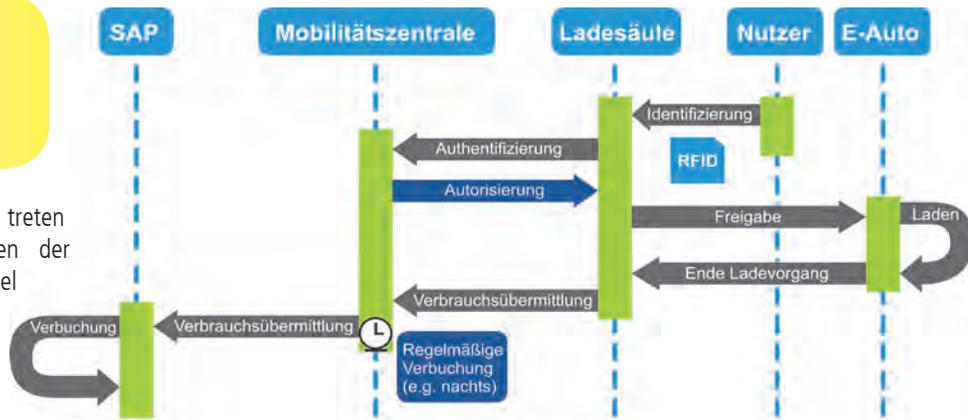


Abb. 11.1: Ablauf des Ladevorgangs und die daran beteiligte Komponenten

Energy4U

Die ENERGY4U GmbH unterstützt das Projekt eE-Tour Allgäu als führender „SAP Special Expertise Partner“ für die Energiewirtschaft. Die ENERGY4U GmbH übernimmt dabei die Arbeitspakete Abrechnung und Entwicklung von neuen Geschäftsmodellen.

eines Fahrers über dessen RFID-Karte realisiert werden. Die Aufgabenstellung der Energy4U ist das Einbinden von elektromobilitätsspezifischen Prozessen in die beim Versorgungsunternehmen vorhandene IT-Infrastruktur. Die Infrastruktur besteht bei AÜW in der Hauptsache aus der Branchenlösung SAP for Utilities (IS-U) für die Versorgungswirtschaft, die für Geräteverwaltung, Abrechnung und Marktkommunikation verantwortlich ist. Gegenstand des Projektes waren die folgenden Prozesse:

11.1 Vertragsverwaltung

Die Vertragsverwaltung ermöglicht es, einem Kunden des Versorgungsunternehmens einen Elektromobilitätsvertrag zuzuordnen, um die Authentifizierung an der Ladesäule sowie eine nachgelagerte Abrechnung zu unterstützen. Für die Abwicklung von elektromobilitätsspezifischen Prozessen wird für einen Geschäftspartner in SAP for Utilities ein separater Elektromobilitätsvertrag angelegt und die RFID-Karte als Equipment diesem Vertrag zugeordnet. Neu entwickelte Programme können diese Informationen nutzen, um eine Whitelist zu erstellen, die in regelmäßigen Abständen (z.B. einmal pro Nacht) an die Mobilitätszentrale gesendet wird. Von dort werden die einzelnen Ladesäulen mit der aktuellsten Whitelist versorgt.

Soll das Laden für eine bestimmte RFID-Karte unterbunden werden (z.B. weil die RFID-Karte verloren ging oder der Kunde seine Rechnung nicht gezahlt hat), so ist dies über das Sperren des Vertrags im IS-U möglich. Dies führt zu einem Eintrag in die Blacklist, die ebenfalls an die Mobilitätszentrale und die Ladesäulen verteilt wird.

White-/Blacklist

Whitelist oder auch Positivliste ist ein Werkzeug der Informationstechnologie, um Personen oder Dinge zu listen, die in den Augen des Verfassers vertrauenswürdig sind. Innerhalb von eE-Tour Allgäu sind dies die RFID-Karten, die über einen Elektromobilitätsvertrag freigeschaltet wurden und somit zum Laden der Elektrofahrzeuge berechtigen.

Blacklist ist eine Negativliste von Personen oder Dingen, für die bestimmte Prozesse nicht ausgeführt werden sollen. Bei eE-Tour Allgäu werden z.B. RFID-Karten auf einer Blacklist geführt, die gesperrt sind.

11.2 Ladevorgänge

Die geladene Energiemenge (d.h. der Stromverbrauch pro Ladevorgang) soll mittels der vorhandenen Abrechnungsinfrastruktur an eine gängige Stromrechnung angelehnt werden. Verschiedene Abrechnungsarten wie „Abrechnung des Verbrauchs“, „Pauschale“, „Abrechnung der Ladezeit“ sollen möglich sein. Dabei gibt es zwei wesentliche Unterschiede zur herkömmlichen Stromrechnung zu berücksichtigen:

- a.) Bei der Abrechnung des Stromverbrauchs eines Kunden hat man die direkte Zuordnung eines Kunden zum Stromzähler. Ein Elektrofahrzeug kann aber verschiedene Ladesäulen zum Laden nutzen. Der abzurechnende Verbrauch ist also nicht mehr eindeutig pro Verbrauchsstelle.
- b.) Es handelt sich nicht um die Abrechnung eines kontinuierlichen Vorganges, sondern um eine ereignisbezogene Abrechnung, d.h. es muss möglich sein mehrere Ladevorgänge pro Tag zu erfassen und auch abzurechnen.

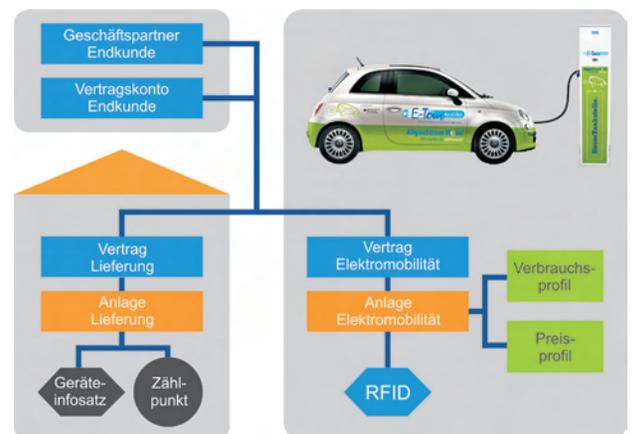


Abb. 11.2: Stammdatenintegration für Elektromobilität in SAP for Utilities

Wie in der Abbildung Stammdatenintegration für Elektromobilität in SAP for Utilities beschrieben, wurde die RFID-Karte als Equipment in SAP for Utilities abgebildet und steht damit in SAP for Utilities in der Abrechnung zur Verfügung. In Zusammenarbeit mit den Konsortialpartnern Soloplan GmbH und regio iT GmbH wurde eine Schnittstelle entwickelt, welche die Ladevor-

gänge mit Bezug auf diese Equipment-ID in eine kundeneigene Datentabelle im IS-U-System ablegt. Diese Schnittstelle umfasst die wesentlichen Daten wie Ladesäulen-ID, Beginn und Ende des Ladevorganges und die Energiemenge (d.h. Stromverbrauch). In den neu entwickelten Programmen werden diese Ladevorgänge dann in Standard-Ableseergebnisse umgewandelt. Damit können die verbrauchten Mengen aus verschiedenen Ladesäulen in der Standardabrechnung aggregiert und bepreist werden. Eine einzelne Auflistung der Ladevorgänge mit den genannten spezifischen Informationen ist optional möglich. Des Weiteren ist es möglich, in einer neu für dieses Projekt entwickelten Abrechnungsvariante die Standzeit beim Laden in Rechnung zu stellen.

11.3 Roaming

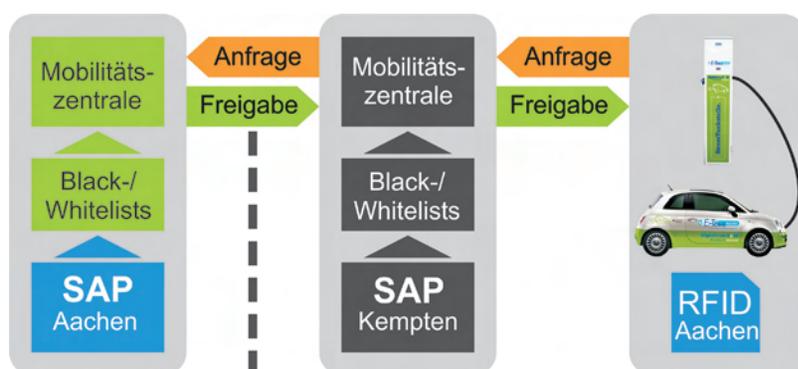
Im liberalisierten, deregulierten Energiemarkt können die Ladesäulen über das Hoheitsgebiet eines lokalen Netzbetreibers hinaus verteilt sein. Des Weiteren können die Besitzer der Elektrofahrzeuge unterschiedliche Stromlieferanten haben. Daraus ergibt sich, dass die oben beschriebenen Prozesse auch über Unternehmensgrenzen hinweg funktionieren müssen. Im Rahmen von eE-Tour Allgäu wurden verschiedene Konzepte zu dieser Fragestellung erarbeitet. Grundsätzlich ist die Trennung der Authentifizierung von der Abrechnung sinnvoll. Bei dem Authentifizierungsprozess werden Systeme benötigt, die eine hohe Verfügbarkeit haben. Durch die

Marktkommunikation

Unter Marktkommunikation versteht man in der Energiewirtschaft den Austausch von Informationen in elektronisch standardisierter Form zwischen den verschiedenen Marktteilnehmern wie zum Beispiel den Stromlieferanten und den Netzbetreibern. Dies geschieht, um die vom Kunden initiierten Geschäftsprozesse über die durch die Liberalisierung der Energiewirtschaft aufgebrochene Wertschöpfungskette hinweg abzuwickeln.

Trennung kann man die Vertragsverwaltung weiterhin in SAP for Utilities durchführen, da hier die gesamten Kunden und Marktpartnerdaten aktuell vorgehalten werden. Eine Synchronisation zu den Mobilitätszentralen über Nacht ist für das Freischalten und Sperren in aller Regel ausreichend. In speziellen Fällen kann auch eine direkte Aktualisierung der Mobilitätszentralen erfolgen. Für das komplizierte Geflecht an Marktteilnehmern, wie es in Deutschland vorliegt, ist der Einsatz einer zentralen Clearing-Stelle überlegenswert. Hier wird ein Kommunikationsmehraufwand vermieden und das Risiko fehlgeleiteter Kommunikation deutlich gesenkt. Für die Abrechnung werden die abrechnungsrelevanten Daten über den Netzbetreiber an den entsprechenden Lieferanten mittels Marktkommunikation gesendet. Der Stromlieferant kann dann seinen Kunden individuell eine Rechnung erstellen.

Abb. 11.3: Roaming-Konzept für die Authentifizierung am Beispiel der Partner-Modelregionen Smart Wheels (Aachen) und eE-Tour Allgäu (Kempten)



Im Rahmen von eE-Tour Allgäu wurde innerhalb der Begleitforschung in der Fachgruppe „Abrechnungs-Interface-Daten-Austausch“ (AIDA) ein Standard für die Authentifizierung und Autorisierung sowie der korrespondierende Abrechnungsdatenaustausch bei der Kommunikation zwischen den Backend-Systemen des Ladestationsbetreibers und des Stromlieferanten erarbeitet. Hierfür wurde ein Implementierungsvorschlag verabschiedet, der interessierten Modellprojekten eine Umsetzung und ausreichende Erprobung noch vor Ablauf des Förderzeitraumes ermöglicht. (Quelle: AIDA Spezifikation - abgeändert.)



12. Schlusswort

12.1 Wachstum durch Forschung

Von 0 auf 100 in 25 Monaten: Das Forschungsprojekt eE-Tour Allgäu setzte in der Pionierphase der Elektromobilität wichtige fachliche und konzeptionelle Impulse. Sicherlich waren aufgrund der noch unbefriedigenden Marktsituation noch viele Hürden zu überwinden. Genau deshalb konnten jedoch wegweisende Erkenntnisse über Elektromobilität in den fachlichen und öffentlichen Diskurs eingebracht werden. Die Projektergebnisse übertrafen in einigen Bereichen sogar die ursprünglich gesteckten Ziele. Alle Projektpartner können auf wertvolle Erfahrungen mit der Elektromobilität in Forschung, Entwicklung und Praxis zurückblicken. Die anfänglichen Ideen über neue intermodale Konzepte konnten während der Laufzeit produktiv in die Realisierung einfließen. Auch der kombinierte Einsatz der Elektromobilität mit Erneuerbaren Energien und somit CO₂-freiem Strom war ein wichtiger Schritt, um einen Mehrwert für die Umwelt zu erzielen.

Es wurden nicht nur unzählige neue Kontakte geknüpft, sondern bei den Konsortialpartnern auch neue Abteilungen und Einrichtungen im Bereich Elektromobilität geschaffen und ausgebaut. Ganz gleich ob dies in der Allgäuer Überlandwerk GmbH eine Abteilung für Projekte und Produktinnovationen war, das neue Technologiezentrum Elektromobilität an der Hochschule Kempten oder die Gründung des Instituts für angewandte Batterieforschung: Die Maßnahmen aus eE-Tour Allgäu haben vielfältige Früchte getragen. Weiterhin konnte die Technische Universität München den neuen Forschungsschwerpunkt Energieinformatik einrichten, der Projektpartner John Deere die Abteilungen AT&E, ETIC und AE ausbauen. Bei dem renommierten Rennsportunternehmen ABT Sportsline GmbH entstand die neue Abteilung e-Car. Die neu geschaffenen Kompetenzzentren

werden einen wichtigen Beitrag dazu leisten, im Zuge der industriellen Umsetzung der Elektromobilität die Herausforderungen der Zukunft zu meistern.

12.2 Die nächsten Schritte in die Zukunft

Viele wichtige erste Schritte wurden getan, wie es in dieser Veröffentlichung von eE-Tour Allgäu beschrieben ist. Doch damit bis zum Jahr 2020 die Summe von 1 Million E-Fahrzeugen erreicht werden kann, müssen weitere Schritte folgen. Für eine schnelle Durchdringung des Marktes mit Elektrofahrzeugen müsste eine umfassende Aufklärungspolitik bei der Bevölkerung ansetzen, um die Verbraucher mit der Elektromobilität in Berührung zu bringen. Am Beispiel von eE-Tour Allgäu konnte demonstriert werden, dass die Bevölkerung eindrucksvoll in die Testszenarien eingebunden werden kann und so für die neuen Verkehrstechnologien sensibilisiert wurde. Laut einer internen Analyse kennt inzwischen jeder fünfte Allgäuer die E-Fahrzeuge der eE-Tour Allgäu-Flotte. Die Sensibilisierung der Bevölkerung ist aber nur einer der notwendigen Schritte. Momentan schneiden Elektrofahrzeuge im wirtschaftlichen Vergleich mit konventionell angetriebenen Fahrzeugen noch relativ schlecht ab, diese Situation sollte sich aber durch zu erwartende Skaleneffekte bei der Produktion größerer Stückzahlen oder durch direkte oder indirekte Impulse mittels vorübergehender finanzieller Förderung bald ändern.

In den Bereichen Smart Grid, Smart Traffic, Smart Home und natürlich Smart Car sind noch lange nicht alle Fragen beantwortet, geschweige denn Lösungen flächendeckend umgesetzt und im Einsatz. Hierfür ist es z.B. dringend nötig, die ersten intermodalen Ansätze auf die verschiede-

nen Stadtinfrastrukturen anzupassen und weiter an den IKT-Systemen zu arbeiten, damit die Vernetzung von Erneuerbaren Energien mit Carsharing-Systemen und heterogenen Fuhrparks in allgemeine Mobilitätssysteme gelingt und schließlich für den Endkunden bereit stehen. Dies ist ein gewaltiger Schritt, welcher konzeptionell schon an einigen Standorten in Deutschland in der Umsetzung steht. Doch zur schnelleren und erfolgreichen Umsetzung ist weiterführende Forschung notwendig, um die noch bestehenden Probleme zu lösen und die Elektromobilität weiter ins Rollen zu bringen. Somit besteht die Chance, durch die Förderung und Umsetzung durchdachter Vorhaben nicht nur notwendige Infrastruktur aufzubauen und Elektrofahrzeuge zu beschaffen, sondern auch die wichtigen übergreifenden IKT-Systeme zu konzeptionieren und implementieren. Der neue Industriesektor Elektromobilität birgt großes Potenzial und Chancen für Deutschland.

Folgeprogramme der Bundesregierung könnten gemeinsame Projekte dafür nutzen, um auf sich verändernden Märkten mit neuen Technologien über die Begleitforschung die notwendige Standardisierung sinnvoll und zielgerichtet zu moderieren, um schließlich weltweit positiven Einfluss auf die Entwicklung und Umsetzung von Mobilitätskonzepten zu nehmen. Hierzu sollten die Systeme und Lösungen zielgerichtet durchdacht und abgestimmt werden. Dies erreichen die Forschungs- und Pilotregionen am erfolgreichsten gemeinsam. Die bisherigen Forschungsprojekte in Deutschland haben gezeigt, dass sie durch die vorwettbewerbliche Kooperation und die Verzahnung der BMWi- und BMU-Projekte die Grundlagen für das internationale Technologierennen wirksam mitbestimmen konnten. Über die gemeinsamen Fachgruppen, das Konsortium und diverse Foren, wie auch durch das Elektromobilitäts-Forum Allgäu können Forschung und Industrie optimal vernetzt und mit Informationen versorgt werden.

Zusammen sollte das gemeinsame Ziel angestrebt werden, dass E-Fahrzeuge aus Deutschland zeitnah zu wettbewerbsfähigen Preisen und mit hoher Qualität auf dem weltweiten Markt Maßstäbe setzen. Die im Projekt eE-Tour Allgäu eingesetzten Prototypen von Elektrofahrzeugen werden durch kommende Serienmodelle sicherlich noch deutlich in puncto Technik und Komfort verbessert werden. Von zentraler Bedeutung wird in Zukunft auch eine ziel-

gruppenspezifische Informationsarbeit sein, die den potenziellen Nutzern die bereits heute vorhandenen Nutzungspotenziale näher bringt. So sind insbesondere Pedelecs, E-Roller sowie leichte E-Fahrzeuge bereits zu erschwinglichen Preisen und mit ausgereifter Technologie am Markt etabliert. In der medialen Kommunikation und auch der politischen Förderung kommen diese Möglichkeiten jedoch noch nicht ausreichend zum Tragen.

Die batterieelektrisch betriebenen Pkw haben aktuell noch eine geringe Reichweite. Durch die Differenzierung des Fahrzeugtyps nach dem Einsatz für verschiedene Mobilitätsbedürfnisse kann diese Begrenzung jedoch schon heute im Sinne eines nachhaltigen Mobilitätssystems umgangen werden: So sollten Langstrecken vornehmlich mittels (elektrischem) Schienenverkehr abgedeckt werden und die ergänzenden Kurzstrecken mit Pedelecs und im Bedarfsfall mit Elektro-Pkws. Vor Ort ist für den Nutzer von zentraler Bedeutung die noch lückenhafte Ladesäulen-Infrastruktur im Wohnbereich und bei öffentlichen Einrichtungen zu komplettieren.

Mittels IKT lässt sich deren Nutzung komfortabel gestalten und bezüglich der Auslastung optimieren.

Die Projektpartner von eE-Tour Allgäu würden es sich wünschen, dass auch andere Regionen, Städte, Verbände und auch die großen Fahrzeughersteller Elektromobilität in gemeinsamen Vorhaben für die Bevölkerung einfach „greifbar und erlebbar“ machen. Denn allein durch das Zusammenbringen von neuen Akteuren und Branchen entstehen vielversprechende Synergien und neue Arbeitsplätze. Mit diesem Ansatz konnte im Rahmen von eE-Tour Allgäu die Vermietung von Elektrofahrzeugen im Tourismus an Gäste und die Bevölkerung erfolgreich umgesetzt werden.

Wir fühlen uns auch in Zukunft verpflichtet, unseren Beitrag für die Weiterentwicklung der Elektromobilität auf dem deutschen Markt zu leisten. Die weltweiten Anstrengungen in dieser Richtung zeigen, dass die von der Bundesregierung gesteckten Ziele auch weiterhin mit Nachdruck verfolgt werden sollten.



13. Beteiligte

Allgäuer Überlandwerk GmbH

Stefan Mayer, Allgäuer Überlandwerk GmbH, Gesamtprojektleiter

Björn Krupezki, Allgäuer Überlandwerk GmbH, Projektkoordinator

Stefan Sievert, Allgäuer Überlandwerk GmbH, Ladesäuleninfrastruktur

Charlotte Wallin, Hochschule Kempten/
Allgäuer Überlandwerk GmbH;
Öffentlichkeitsarbeit

Hochschule Kempten

Prof. Dr.-Ing. Andreas Rupp, Hochschule Kempten, Projektleitung, Koordination und Fahrzeugmonitoring

Prof. Dr. phil. Alfred Bauer, Hochschule Kempten, Tourismus

Norbert Baumann, Hochschule Kempten, Routenoptimierung

Eberhard Backer, Hochschule Kempten, Koordination + Flotte

Prof. Dr.-Ing. Helmuth Biechl, Hochschule Kempten, Batterieforschung

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Dreier, Hochschule Kempten, Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)

Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Göhner, Hochschule Kempten, Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)

Martina König, Hochschule Kempten, Tourismus

Andreas Küchler, Hochschule Kempten, Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)

Christiaan Niemeijer, Mittelstandsinstitut Kempten, Tourismus

Christian Rothärmel, Hochschule Kempten, Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)

Martin Schneider, Hochschule Kempten, Flotte, Datenanalyse

Jörg Schreiber, Hochschule Kempten, Batterieforschung

Frank Schubert, Hochschule Kempten, Koordination + Flotte

Maximilian Stahl, Hochschule Kempten, Flotte

Christine Taube, Hochschule Kempten, Tourismus

Jens Häberle, Hochschule Kempten, Datenanalyse

Charlotte Wallin, Hochschule Kempten, Koordination

Soloplan GmbH

Thomas Einsiedler, Soloplan GmbH, Projektleitung

Alexandra Gallheber, Soloplan GmbH, Entwicklung

Martin Glöckner, Soloplan GmbH, Marketing

Rosa Gutschmidt, Soloplan GmbH, Entwicklung

Markus Hastreiter, Soloplan GmbH, Entwicklung

Christian Heidl, Soloplan GmbH, Entwicklung

Wolfgang Heidl, Soloplan GmbH, Projektleitung

Tobias Hüttl, Soloplan GmbH, Entwicklung

Benedikt Jahn, Soloplan GmbH, Entwicklung

Andreas Ländle, Soloplan GmbH, Projektleitung

Steffen Mazur, Soloplan GmbH, Entwicklung

Marc Reder, Soloplan GmbH, Entwicklung

Hendrik Rümmler, Soloplan GmbH, Entwicklung

Sebastian Schumann, Soloplan GmbH, Entwicklung

Christoph Wegele, Soloplan GmbH, Entwicklung

Move About GmbH

Markus Spiekermann, Move About GmbH, Projektleitung

Franz-Josef Wöstmann, Move About GmbH, Projektsteuerung

Peter Model, Move About GmbH, Projektkoordination

Universität Tübingen

Prof. Dr. Rainer Rothfuß, Universität Tübingen, Arbeitsgruppe Humangeographie, Projektleitung

Prof. Dr. Volker Hochschild, Universität Tübingen, Arbeitsgruppe Geoinformatik, Projektleitung

Felix Bachofer, Universität Tübingen, Arbeitsgruppe Geoinformatik, wissenschaftlicher Mitarbeiter

Jessica le Bris, Universität Tübingen, Arbeitsgruppe Humangeographie, wissenschaftliche Mitarbeiterin

Thomas Ernst, Universität Tübingen, Arbeitsgruppe Humangeographie, wissenschaftlicher Mitarbeiter

Susanne Fischer, Universität Tübingen, Arbeitsgruppe Humangeographie, wissenschaftliche Mitarbeiterin

Eva Selg, Universität Tübingen, Arbeitsgruppe Humangeographie, wissenschaftliche Mitarbeiterin

Technische Universität München

Prof. Dr. Martin Leucker, Technische Universität München und Universität zu Lübeck, Projektleitung

Dr. Martin Sachenbacher, Technische Universität München, Projektleitung

Andreas Artmeier, Technische Universität München, wissenschaftlicher Mitarbeiter

Michael Geppert, Technische Universität München, wissenschaftlicher Mitarbeiter

Julian Haselmayr, Technische Universität München, wissenschaftlicher Mitarbeiter

Daniel Quinger, Technische Universität München, wissenschaftlicher Mitarbeiter

AL-KO

Jürgen Volz, AL-KO, Projektleitung

Stefan Schaut, AL-KO, Produktmanagement

Dr. Wilhelm, AL-KO, Leiter Entwicklung Fahrzeugtechnik

Thomas Lützel, AL-KO, Referent Presse- & Öffentlichkeitsarbeit

Thomas Seidelmann, AL-KO, Marketing Fahrzeugtechnik

ABT Sportsline GmbH

ABT Sportsline GmbH

Christoph Bergmann, ABT Sportsline GmbH, Kaufmännischer Leiter

Albert Deuring, ABT Sportsline GmbH, Leiter Motorsport

Jens Häberle, ABT Sportsline GmbH, Projektleitung E-Caddy

Stefan Fischer, ABT Sportsline GmbH, Entwicklung

Lars Grisar, ABT Sportsline GmbH, Elektrik

John Deere

Prof. Dr.-Ing. Peter Pickel, John Deere European Technology Innovation Center, Projektleitung

Claudia Schrank, John Deere European Technology Innovation Center, Projektleitung

Dr. Philipp Münch, John Deere European Technology Innovation Center, Leitung Prüfstandstests

Thomas Flörchinger, John Deere European Technology Innovation Center, Komm.- und Softwareentwicklung

Michael Hanselmann, John Deere European Technology Innovation Center, Mitarbeit Simulation

Dr.-Ing. Nicolai Tarasinski, John Deere Werke Mannheim, Manager JDWM Advanced Engineering

Dr. Barbara Böhm, John Deere Werke Mannheim, Projektmanagement

Florian Reinmuth, John Deere Werke Mannheim, Konzeptentwicklung

Dr. Rainer Gugel, John Deere Werke Mannheim, Konstruktion und Batterieentwicklung

ENERGY4U

Holger Strotmann, ENERGY4U, Projektleitung

Mark Wondratschek, ENERGY4U, Konzeption & Implementierung

Dr. Stefan Pautz, ENERGY4U, Konzeption & Implementierung

Gennadi Bartaschewitsch, ENERGY4U, Korrespondenz

Tilman Berberig, ENERGY4U, Konzeption & Implementierung

14. Kontakt

Konsortialführer



Allgäuer Überlandwerk GmbH

Ansprechpartner: Michael Lucke, Geschäftsführer
Email : michael.lucke@auew.de

Ansprechpartner: Stefan Mayer, Leiter PuG und
Produktinnovationen
Email: s.mayer@auew.de

Adresse: Illerstraße 18
D - 87435 Kempten, Germany

Internet: www.auew.de

Projektpartner



Hochschule Kempten - Forschungszentrum Allgäu (FZA)

Ansprechpartner: Prof. Dr.-Ing. Andreas Rupp
Email: andreas.rupp@fh-kempten.de

Adresse: Bahnhofstr. 61
D - 87435 Kempten, Germany

Internet: www.fh-kempten.de

Soloplan GmbH



Ansprechpartner: Thomas Einsiedler,
Leiter Vertrieb
Email : te@soloplan.de

Adresse: Burgstraße 20
D - 87435 Kempten,
Germany

Internet: www.soloplan.de

Move About GmbH



Ansprechpartner: Jan-Olaf Willums
Email: Jan-Olaf.Willums@
inspireinvest.com

Ansprechpartner: Franz-Josef Wöstmann
Email : woe@ifam.fraunhofer.de

Adresse: Wiener Straße 12
D - 28359 Bremen, Germany

Internet: www.moveabout.biz



Technische Universität München

TU München, Institut für Informatik der Technischen Universität München

Ansprechpartner: Dr. Martin Sachenbacher
Nachwuchsgruppe
Constraintbasierte
Selbstdiagnose und -Planung
sachenba@in.tum.de

Email :

Ansprechpartner: Prof. Dr. Martin Leucker
Institute for Software
Engineering and
Programming Languages,
University of Lübeck
leucker@in.tum.de

Email :

Adresse: Boltzmannstrasse 3
D - 85748 Garching,
Germany



Eberhard Karls Universität Tübingen, Geographisches Institut

Ansprechpartner: Prof. Dr. Rainer Rothfuß
Arbeitsgruppe
Humangeographie (HuGe)
rainer.rothfuss@
uni-tuebingen.de

Email:

Ansprechpartner: Prof. Dr. Volker Hochschild
Arbeitsgruppe Geoinformatik
GIS-Zentrum Südwest (GIZ)
volker.hochschild@
uni-tuebingen.de

Email :

Adresse: Rümelinstr. 19-23
D - 72070 Tübingen,
Germany

Internet: www.geographie.uni-
tuebingen.de

Alois Kober GmbH



Ansprechpartner: Jürgen Volz
Email: juergen.volz@al-ko.de

Adresse: Ichenhauser Str. 14
D - 89359 Kötzt, Germany

Internet: www.al-ko.com

ABT Sportsline GmbH



Ansprechpartner: Christoph Bergmann, kfm.
Leitung / Human Resources
Email: c.bergmann@abt-
sportsline.de

Adresse: Daimlerstraße 2
D - 87437 Kempten, Germany

Internet: www.abt-sportsline.de

John Deere European Technology Innovation Center



Ansprechpartner: Prof. Dr.-Ing. Peter Pickel,
Deputy Director ETIC
Email: PickelDrPeter@JohnDeere.com

Adresse: Straßburger Allee 3
D - 67657 Kaiserslautern,
Germany

Internet: www.johndeere.com

ENERGY4U GmbH



Ansprechpartner: Holger Strotmann
Email: holger.strotmann@
energy4u.org

Adresse: Emmy-Noether-Str. 17
D - 76131 Karlsruhe, Germany

Internet: www.energy4u.org

15. Impressum

Förderer

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
Förderkennzeichen 01ME09028A

Herausgeber

Projektkonsortium eE-Tour Allgäu (10 Partner)
c/o Konsortialführer Allgäuer Überlandwerk GmbH
Illerstraße 18
Deutschland 87435 Kempten
info@auew.de

www.ee-tour.de

Redaktion

Susanne Fischer, Projektleitung
Björn Krupezki, Projektleitung
Andreas Artmeier
Eva Selg
Felix Bachofer
Frank Schubbert
Jessica Le Bris
Peter Model

Beitragsgestaltung

Die Beiträge sind ein Gemeinschaftsergebnis aller Projektbeteiligten, welche auf Seite 98 und 99 gelistet sind. Diesen gebührt großes Lob und Dank für ihren exzellenten Einsatz!

Kempten, im August 2011

© Copyright liegt bei den Herausgebern.
Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk ist einschließlich seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung der Herausgeber unzulässig und strafbar. Dieses gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie Speicherung in elektronischen Systemen. Für die Richtigkeit der Angaben und für Druckfehler wird keine Gewähr übernommen.



**AWARD
2010**
Nominierung



**CLEAN TECH
MEDIA AWARD**
NOMINEE 2011



**Bayerischer
Staatspreis
2010**
Nominierung

**Deutschland
Land der Ideen**
Ausgewählter Ort 2011

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie



Förderkennzeichen
01ME09028A