



Projekt EETEE "Entwicklung und Erprobung von Technologiepfaden zur Entwicklung der Elektromobilität"

Übergreifende Projektskizze zur Realisierung von Technologiepfaden

Autor Kay Golze

Inhaltsverzeichnis

Testfeld Elektrofahrzeug	3
Systematischer Ansatz	3
Projektziel	4
Serviceprovider	6
Unternehmensebene	7
Eckwerte der Nutzerakzeptanz für PKW's	9

Testfeld Elektrofahrzeug

Im Rahmen des *Konjunkturprogramms II* wurden zahlreiche Projekte zur Erprobung von Elektrofahrzeugen ausgelobt. Die systematischen Rahmenbedingungen geben jedoch keinen *Technologiepfad* vor. Hier soll das Projekt **EETEE** (*Entwicklung und Erprobung von Technologiepfaden zur Entwicklung der Elektromobilität*) erstmalig einen Schwerpunkt legen und damit einen Meilenstein im nachhaltigen Einsatz von Elektrofahrzeugen setzen können. Technologiepfade entscheiden über Branchen in einer zukünftige Marktentwicklung. Mit der Durchführung des Projekts **EETEE** sollen die nutzbringenden *Technologiepfade* überprüft, weiterentwickelt und optimiert werden.

Die Strukturierung der Elektromobilität wurde in der Markt- und Systemanalyse „*Gesamtstrategie Zukunftskraftstoffe 2009*“ der WIPN Group erstmalig zusammenhängend analysiert. Ausgehend von den darin ermittelten *strukturellen Eckdaten* wurden zur Stützung der langfristigen Projektentwicklung *Technologiepfade* vorgeschlagen. Wie in der Analyse aufgezeigt werden konnte, sind durch die mit der Entwicklung der Elektromobilität einhergehende *systematische Umstrukturierung der Kraftstoffmärkte* nur wenige Technologiepfade möglich. Sie werden in der Initiative EETEE aufgegriffen und in Feldversuche überführt. Insgesamt liegt bei dieser Initiative der Fokus auf dem Zusammenspiel von *Wertschöpfungsketten, Unternehmen und Technologie* in einem *realen Einsatzfeld* zur Bestimmung eines *nutzbringenden Technologiepfades* zur langfristigen expansiven Entwicklung eines *Elektromobilitätsmarktes*.

Systematischer Ansatz

Elektrofahrzeuge können durch ihre zur Zeit verfügbare Technologie nicht als universell einsetzbares Fahrzeug eingestuft werden. Analysiert man das E-Fahrzeug als System können zur Zeit keine großen Reichweiten abgedeckt werden, zur Wiederverwendbarkeit/Einsatz sind lange Ladezeiten im Verhältnis bekannter Tankzeiten notwendig, hohes Eigengewicht reduziert die Zulademöglichkeiten der E-Fahrzeuge etc. Durch diese technischen Eigenschaften ermöglicht das E-Fahrzeug also eher eine stochastische Betriebsweise als eine kontinuierliche Benutzung. Insgesamt ist das E-Fahrzeug also nicht für einen Dauerbetrieb oder Langstreckeneinsatz bzw. eine Kombination aus beiden einsatzfähig. Es stellt damit zur Zeit keine Alternative zu einem konventionellen Fahrzeug dar. Deshalb müssen Testanwendungen gefunden werden, die diesen zur Zeit gegebenen systemimmanenten Eigenschaften des Testobjekts gerecht werden und trotzdem ein Testfeld bieten, indem eine möglichst klar umrissene „Betriebsweise“ die Entwicklung bzw. Verifikation eines neuen Technologiepfades ermöglicht. Dabei bietet sich der Individualverkehr nur bedingt an, weil objektive Kontroll- und Bewertungsmöglichkeiten in diesem Verkehrstyp lediglich subjektiv möglich sind.

Ausgehend von diesem Ansatz wird ein Testfeld vorgeschlagen/vorge stellt, in dem die System- und Betriebseigenschaften des E-Fahrzeugs berück-

sichtigt werden und zusätzlich objektivere Kontroll- und Bewertungsmöglichkeiten der Betriebsparameter bzw. Betriebsergebnisse möglich sind. Als Testfeld wird ein *Bundesland* mit verschiedenen Landkreisen eine größere Testfläche zur Verfügung stellen. In dieser Besiedlungsdichte des Landes wird ein *Rufbus-Konzept* verfolgt, das zum einen den Individualverkehr teilweise abbildet und zum anderen Zeiträume zum Laden der Batterien – zukünftiges Tankverhalten – ermöglicht.

In diesem ersten „Testbett“ wird der *Technologiepfad* eines Batteriewechselsystems verfolgt, der als einer der besten Übergänge von der *bestehenden Marktstruktur* für Personenkraftfahrzeuge in eine *zukünftige Marktstruktur* für E-Fahrzeuge analytisch erarbeitet worden ist. Für die in diesem ersten Technologiepfad vorhandenen Wertschöpfungsketten konnten Unternehmen, Anwender und Einsatzbereiche festgelegt werden. Im Rahmen dieses Technologiepfades ist die Trennung von *Fahrzeug* und *Energiespeicher* vorgesehen. Beide Systeme werden als zukünftig Eigenständig angesehen. Diese theoretisch erarbeitete Vermutung entspricht der Eigenständigkeit der heutigen Marktsysteme von „Fahrzeug“ und „Tanken“ (siehe auch „Gesamtstrategie Zukunftskraftstoffe 2009“). Die Energiespeicher übernehmen dabei die zukünftige Funktion der Flüssigkraftstoffe, die unabhängig von den Fahrzeugen eine eigene Wertschöpfungskette darstellen. Für diese Wertschöpfungskette und den damit verbundenen zukünftigen Märkten wird in dem Testumfeld das Zusammenspiel der Technologie und Unternehmen als Wertschöpfungskette analysiert. Am Ende des Testzeitraums wird ein Ergebnisbericht die Machbarkeit dieses Technologiepfades und seine Grenzen aufzeigen können. Als Funktionselemente sind die *Nutzer/Kunden* in einem realen Anwendungsumfeld (Testbett), *Automobilhersteller* mit ihren Fahrzeugen, die *Energieerzeuger* für den Fahrstrom, die *Systemhersteller* mit Energiespeicher und ein noch nicht präsenter *Serviceprovider* mit einem Servicebereich rund um die Energiespeicher aufgestellt.

Die Teilnehmer in den Einzelprojekten sind abhängig von der Definition des Technologiepfades. Für die wissenschaftliche Aufnahme von Daten und Auswertung werden namhafte Institute bzw. Universitäten die Einzelprojekten begleiten. Insgesamt wird jedes Einzelprojekt zur Entwicklung, praktischen Erprobung und Verifikation von Technologiepfaden eine individuelle Laufzeit über mehrere Jahre ausweisen müssen, damit entsprechende praxistaugliche Ergebnisse auch für die Unternehmen nach der Testzeit zur Verfügung stehen können.

Projektziel

Mit dem Konzeptansatz zur Ausprägung eines verifizierbaren Technologiepfades wird der Einsatz von E-Fahrzeugen für die Automobilhersteller interessant und unterstützt sie in der Ausweitung der Technologie in andere Märkte. Da die Bestimmung eines Technologiepfades komplex ist, müssen mehrere Feldversuche entlang den Wertschöpfungsketten durchgeführt werden. In diesem Prozess der Erprobung und Verifikation in einem realen alltäglichen Anwendungsumfeld lassen sich *nutzbringende* Technologiepfade bestimmen und weiterverfolgen. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen lässt sich der Einsatz neuer E-Fahrzeuge in anderen *Europäischen Län-*

den/Märkten besser planen.

Auf Basis des systematischen Ansatzes wird außerhalb einer dicht besiedelten Stadt (dem Land) der Einsatz von E-Fahrzeugen in festgelegten Technologiepfaden erprobt. Dabei wird berücksichtigt, dass die Region (das *Testbett*) so dicht besiedelt ist, dass es typischen bewohnten Regionen in Europa entspricht. Innerhalb dieses Testrahmens wird erprobt werden, ob Menschen außerhalb von Städten ebenfalls in die *Nutzergruppe* von Elektrofahrzeugen einbezogen werden können und wenn JA, unter welchen Bedingungen. Werden Regionen wie z.B. das Ruhrgebiet oder Regionen außerhalb des Großraum München betrachtet, entstehen in diesem Nutzungsumfeld wesentliche höhere Anforderungen an die E-Fahrzeuge, Infrastruktur und Energieversorgung, als z.B. in den Städten Berlin, München, Frankfurt oder Köln. Es ist davon auszugehen, dass nur dann die Elektrofahrzeug von den Kunden gekauft werden, wenn sie vor allem den Anforderungen von Stadt- UND Landfahrten genügen, weil ein reines Stadtauto sich alleine im Nutzerkonzept nicht durchgesetzt hat. Insofern können die bekannten Ergebnisse im Einsatz von reinen Stadtfahrzeugen auf die Nutzerakzeptanz von stadtgebundenen E-Fahrzeugen übertragen werden.

Letztendlich besteht durch das *gewachsene Kundenverhalten* und die aktuell verfügbare Fahrzeugtechnologie eine *Erwartungshaltung* bei den Kunden an die kommenden Elektrofahrzeug, die gleiche Mobilität in Städten und den angrenzenden Regionen um eine Stadt mit den neuen E-Fahrzeugen abbilden zu können, wie mit den bisherigen Fahrzeugen auch. Wenn zusätzlich ein Spaßfaktor mit den neuen Fahrzeugen verbunden ist, kann von einer erhöhten Akzeptanz für diese Fahrzeuge ausgegangen werden. Diese Akzeptanz würde dann in den Grundlagen ebenfalls auf andere EU-Ländern übertragen werden und damit sich weitere Absatzmärkte öffnen können. Das Ziel zur nachhaltigen Entwicklung des Marktausbaus von E-Mobilität kann nur dann erreicht werden, wenn für die Automobilhersteller eine kritische Masse von Käufern ihrer Produkte im Markt erreicht werden kann.

Für den zweiten Bereich der *Energiespeichersysteme* steht zur Zeit noch kein „Unternehmen“ zur Verfügung, das auf „Augenhöhe“ mit einem der Automobilhersteller arbeiten könnte. Dabei ist zu berücksichtigen, dass dieser „*Serviceprovider*“ die gesamte Prozesskette für die neuen Energiespeichersysteme abdecken müsste, ähnlich wie ein Automobilhersteller mit seinen Fahrzeugen. Das ist nur dann möglich, wenn für diese zukünftige Marktdimension Kooperationen zwischen leistungsfähigen Unternehmen für die zu besetzenden Marktsegmente (als Konsortium) aufgebaut werden können. Ziel ist es, ein *Konsortium* zu initiieren, das die Funktion eines *Serviceproviders* gegenüber eines Automobilherstellers übernehmen kann.

Mit der Initiative EETEE sollen diese Grundlagen für einen *markttauglichen Technologiepfad* gefunden werden, in dem nicht nur die Technologie des Fahrzeugs sondern auch die notwendigen Rahmenbedingungen aufgezeigt werden.

Serviceprovider

Die Elektromobilität zeichnet sich vor allem durch seine *Batterietechnologie* aus. Diese *Speichertechnologie* steckt für den Einsatzbereich der Mobilität noch in einer Frühphase. Durch die Einführung von Elektrofahrzeugen wird sich systembedingt das Konzept des „Tanks“ bzw. des „Tankens“ ändern. Nimmt man diese systembedingten Rahmenbedingung als Ausgangspunkt, erscheint eine zukünftige Trennung von *Tank* und *Fahrzeug* logisch. Dabei wird der Tank zu einem komplexen System sich weiterentwickeln, der nicht nur „Benzin oder Diesel“ speichert, wie in konventionellen Fahrzeugen üblich. Wie bereits bei Computer-Batteriesystemen nachvollzogen werden kann, sind Batteriesysteme bereits in diesem Anwendungsumfeld (z.B. Laptops) komplexe Technologiesysteme. In der logischen Folge werden sich im Rahmen der Entwicklung der E-Mobilität um diese komplexe *Speichertechnologie* neue Märkte entwickeln. Ob für die Speicherung von Energie zukünftig Batteriesysteme beibehalten werden, ist zu dem jetzigen Zeitpunkt vollkommen offen. Im Rahmen der EETEE Initiative wird deshalb der Schwerpunkt in der Entwicklung eines Technologiepfades und keiner Technologie gesehen. Zur Abgrenzung der konventionellen Tanks und der zukünftigen Energiespeichersysteme/Tanksysteme für E-Fahrzeuge wird innerhalb von EETEE der Arbeitsbegriff der *Powerpacks* verwendet.

Mit der Definition von *Technologiepfaden* eröffnen sich jedoch zugleich vollkommen neue Märkte. Für Automobilhersteller scheint die Trennung von Tank und Fahrzeug nur dann interessant zu sein, wenn ihre Investitionen in diese Umstellung gering bleiben und ihr Image dadurch nicht gefährdet wird. In der folgerichtigen Logik dieser Rahmenbedingung wäre ein Partner für diese neuen Tanksysteme (Powerpacks) aus Sicht der Automobilhersteller nur dann akzeptabel, wenn er auf „Augenhöhe“ Systemzuverlässigkeit, Qualität, Verfügbarkeit, Herstellung und Entsorgung entsprechender Subsysteme (Powerpacks) sicherstellen könnte.

Für diesen neuen Markt wird zukünftig ein „Serviceprovider“ die Services übernehmen, der es den Automobilherstellern ermöglicht, auf die Produkte aus diesem Markt zurückgreifen zu können und damit lediglich Fahrzeuge (ohne Energiespeichersysteme wie Powerpacks) anbieten zu können. Für diesen neuen Serviceprovider bietet sich zukünftig der gesamte Europäische Mobilitätsmarkt des Individualverkehrs an. Da jedes E-Fahrzeug eine Energieeinheit „*Powerpack*“ benötigt, ist in diesem Markt mit hohen Stückzahlen dieser Versorgungssysteme/Speichersystem zu rechnen (ein E-Auto = ein Powerpack). Um eine hohe Attraktivität und Qualität für die Automobilhersteller als Partner zur Verfügung stellen zu können, wird ein *Unternehmenskonsortium* vorgeschlagen, dass die gesamte Wertschöpfungskette abbildet und als *Serviceprovider* gegenüber den *Automobilherstellern* rechtsverbindliche Aufgaben ausführen kann.

E-Fahrzeuge haben bedingt durch ihre Technologiebasis andere *Nutzungseigenschaften* als konventionelle Fahrzeuge auf Basis von Flüssigkraftstoffen und Verbrennungsmotoren. Wie in der Analyse der WIPN Group zur Methodenbeschreibung „*Gesamtstrategie Zukunftskraftstoffe 2009-Methodik, Kapitel: Marketing der Leitunternehmen*“ herausgearbeitet worden ist, wird nur dann ein Markt für E-Mobilität entstehen, wenn die zukünftigen E-Fahrzeuge weitestgehend den *Kundenerwartungen* entsprechen. Neben den Präferenzbildungen bei den Kunden ist die **Nutzerakzeptanz** von be-

sonderer Bedeutung. Im folgenden Kapitel werden beispielhaft einige Parameter aufgelistet und ihr Bezug zu E-Fahrzeugen hergestellt. Um diesen Erwartungen der Kunden auch zukünftig so weit als möglich entsprechen zu können, ist ein **Serviceprovider** von erheblicher strategischer Bedeutung für die Marktentwicklung der Elektromobilität, da er wesentliche *Nutzungseigenschaften* für kommende E-Fahrzeuge zur Verfügung stellt. Im Ergebnis ist der zukünftige Elektromobilitätsmarkt in Europa ein extrem großer neuer Markt, in dem Automobilhersteller die „Killer Application“ für die nationalen Energieerzeuger liefern und die Serviceprovider den „Killer Service“ für die Automobilhersteller zur Verfügung stellen werden. Erst im Schatten dieser *systembedingten Abhängigkeiten* wird sich der Markt der Elektrofahrzeuge entwickeln können.

Unternehmensebene

Im Rahmen der Elektromobilität werden sich langfristig neue Märkte entwickeln. Ein neuer Markt wird sich um die Speichertechnologie der heutigen Batteriesysteme entwickeln. Um diese komplexen Systeme der „Powerpacks“ im Markt anbieten zu können ist eine Prozesskette notwendig, die aus

1. **Herstellung:** der Herstellung des Powerpacks.
2. **Vertrieb:** Je nach Eigentumsfragen, werden die Powerpacks an einen Eigentümer vom Hersteller verkauft. Dieser Eigentümer kontrolliert den Lebenszyklus dieser Systeme. Über den Eigentümer werden die Powerpacks an die Automobilhersteller als Erstausrüstung geliefert.
3. **Verteilung:** Powerpacks werden über konventionelle Verteilsysteme wie z.B. Logistikanbieter von den Lagerstädten an die Tankstellen verteilt. An Tankstellen können Fahrzeugbetankung durchgeführt werden.
4. **Zwischenlagerung und Energiebefüllung:** Die Energiebefüllung der Powerpacks kann in Zwischenlagern oder an den Tankstellen erfolgen. Je Tankstelle werden „viele“ Powerpacks benötigt, um eine Versorgung der Kunden zu gewährleisten. Dazu wird Lagerplatz und Ladestationen benötigt werden.
5. **Fahrzeugbetankung (Austausch):** Die Betankung kann nur in Form eines Wechsels eines Powerpacks erfolgen. Ein Kunde kann zwischen zwei Produktklassen unterscheiden (ähnlich wie Normal und Super), 1. Stadtbetankung oder 2. Landbetankung. Innerhalb dieser Klassen können viele Produkte angeboten werden.
6. **Rücknahme:** Die Rücknahme erfolgt 1. vom Fahrzeug und 2. von der Tankstelle. Bei der Rücknahme vom Fahrzeug wird ein Qualitätskontrolle des Powerpacks durchgeführt. Ist die Qualität des Powerpacks gesichert, erfolgt eine erneute Aufladung. Ist die Qualität nicht mehr in einem E-Fahrzeug gesichert, erfolgt die Rückgabe an eine Wiederaufbereitung oder an ein Recycling-Unternehmen.
7. **Systemzustandskontrolle:** Für die Systemzustandskontrolle kann ein Systemanbieter diese Funktion im Markt übernehmen. Mit der Systemzustandskontrolle wird sichergestellt, dass das Powerpack

beim Einsatz die technischen Parameter erfüllt. Das System warnt den Fahrzeugfahrer bei einer Zustandsverschlechterung, dass eine E-Tankstelle angefahren werden muss und ein Tankvorgang durchgeführt werden muss. Die Systemzustandskontrolle erfolgt ebenfalls bei den Ladevorgängen. Treten beim Laden Fehler auf, kann über diesen Servicebereich ein Reparaturservice oder Wechselservice von der Tankstelle angefordert werden. Zerstörte oder beschädigte Powerpacks werden generell aus dem Kreislauf aussortiert.

8. **Qualitätssicherung:** Aus dem Bereich der Systemzustandskontrolle können alle Powerpacks auf ihre Qualität für den Straßeneinsatz kontrolliert werden. Die Qualitätskontrolle ist eine besondere TÜF-Funktion. Sie beginnt bei der Auslieferung der Systeme vom Hersteller.
9. **Ausfallabsicherung:** Entlang der Prozesskette werden unterschiedliche Unternehmen mit den neuen Systemen arbeiten. Ähnlich wie eine Autoversicherung sollte für jedes Powerpacks eine Zwangsversicherung (Kasko) eingerichtet werden. Diese Versicherung sollte von den Kunden beim Kauf eines E-Autos abgeschlossen werden müssen (beispielhafte Größenordnung zwischen 5-10 €/Monat).
10. **Entsorgung:** Im Bereich der Entsorgung werden fehlerhafte, beschädigte oder zerstörte Powerpacks repariert oder recycelt.

Besteht (siehe auch: Gesamtstrategie Zukunftskraftstoffe-Anhang Grafiken, Band V/V, Grafik „Submärkte in einem Batteriewechselkonzept“). Ein wesentlicher Vorteil für die *Fahrzeugnutzer* ist, dass **jede Person** diese Powerpacks nutzen kann (Junge Fahrer, technische Laien, ältere Fahrer, etc.), weil diese komplexe Technologie und Prozesskette von einem Unternehmen beherrscht wird. Damit würde aus Sicht des Fahrzeugnutzers das Betanken eines E-Fahrzeuges dem Tankvorgang eines heutigen Fahrzeuges entsprechen. Ist dieser Serviceprovider nicht vorhanden, müssen die Fahrzeugnutzer wesentliche Teile dieser Prozesskette selbst bedienen. Dieser Umstand wird die Akzeptanz der Elektrofahrzeuge erheblich beeinflussen. Im Unterschied zu einem nutzerfreundlichen Wechselkonzept verlagert z.B. die direkte Betankung eines E-Fahrzeugs wesentliche Systemaspekte (Wartung, Pflege, Zustandskontrolle, Wechsel, Entsorgung, Neuananschaffung, etc.) eines fest im Fahrzeug installierten Batteriesystems auf den Fahrzeugnutzer.

Neben der Prozesskette sind die wirtschaftlichen Grenzkosten entlang der Wertschöpfungskette zu ermitteln. Dazu gehören die Herstellungspreise (unteren, mittleren, maximalen) je Powerpack, Verkaufspreise, mögliche Leasing-Preise, Anzahl von möglichen Ladezyklen, Lebensdauer, Energiepreise für die Befüllung (Einkaufspreise), möglichen Verkaufspreise je Betankung (Verkaufspreise), Zusatzkosten, gebundenen Kapitalkosten je Tankstelle, Versicherungskosten, Versicherungseinnahmen, Investitionskosten je Tankstelle für neue Tanksysteme, etc. Aufbauend auf diesen Rahmenbedingung können individuelle Geschäftskonzepte entwickelt werden.

Eckwerte der Nutzerakzeptanz für PKW's

In diesem Absatz werden erste Kategorien mit beispielhaften Bewertungen

für die Nutzerakzeptanz von E-Fahrzeugen aufgelistet. Folgende Parameter sind **nicht** repräsentativ ermittelt worden:

Einsatzbereich:

- + Möglichst nahe an dem gewohnten Umgang von Automobilen. Einschränkungen für Reisen oder Langstrecken werden vermutlich akzeptiert. Einschränkungen im Stadtbereich werden nicht akzeptiert. Einschränkungen auf Landfahrten werden zum Teil akzeptiert, wenn es sich um Einwohner in der Fläche handelt.

Fahrzeugverfügbarkeit:

- + Bei jedem Wetter und Temperatur.
- Einschränkungen bei Frost in der Reichweite durch Batteriesysteme.

Handling des Fahrzeugs:

- + Nahe am gewohnten Umgang mit konventionellen Fahrzeugen.

Betankung:

- + Schnell und ohne technische Kenntnisse oder Talente durch den Fahrer möglich.

Zusatzhandling:

- + Kein Zusatzhandling im alltäglichen Betrieb notwendig.
- häufiges Tanken im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen notwendig.
- Anschließen an Tankdose während des Einkaufs, Arbeit, etc. nur bedingt akzeptabel (Was passiert, wenn man das vergessen hat?).
- Tanken am Fahrzeug mit Kabel ist ungewohnt. Kabel und Stromstecker für das Fahrzeug ist schwer und nicht einfach handhabbar.

Reparaturservices:

- Spezialwerkstätten für E-Fahrzeuge notwendig.

Minimale Reichweite:

- + Fahrten im Umkreis von 50 Km in beiden Richtungen ca. zweimal am Tag ist mit heutigen Elektrofahrzeugen bereits möglich.

Anschaffungskosten:

- + Entsprechend den heutigen Mittelklassefahrzeugen.
- Hohe Anschaffungskosten bei den Batteriesystemen, sofern das Batteriesystem als Eigentum beim Fahrzeugkäufer verbleibt.
- Batteriesystem hat geringere Lebensdauer im Vergleich zum Fahrzeug.

Unterhaltskosten:

- + Günstiger als vergleichsweise konventionelle Fahrzeuge.

Tankkosten:

- + Günstiger bzw. gleiche Kosten.

- Zur Zeit noch lange Ladezeiten beim Stromtanken.

Ausstattung/Zuladung:

- + Übliche Anzahl von Personen können transportiert werden.
- + Übliche Ausstattung im Innenbereich, bei der Sicherheit und in den Zusatzausstattungen.
- Geringe Zuladung möglich.
- Standheizung könnte problematisch werden.

Image:

- + Elektrofahrzeuge erfüllen alle Klimaziele. Keine Emission. Sauberes Fahrzeug. Umweltfreundlich. Leise.

Spaßfaktor:

- + Geräuschloses Fahren. Starke Beschleunigungswerte.
- Keine hohen Endgeschwindigkeiten.