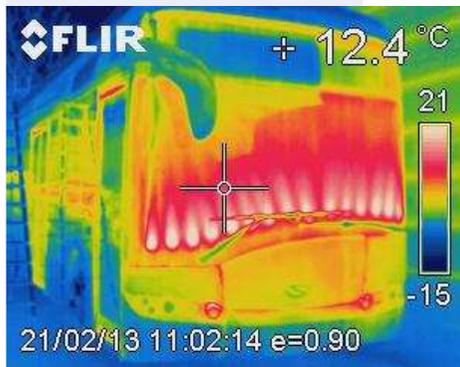




„Heizung und Klimatisierung im E-Bus – Aktuell verfügbare Technologien und weitere Effizienzpotentiale“



2. Energietechnologieforum Hessen:

**Energiewende durch innovative Energietechnologien
„Made in Hessen“**

2. Dezember 2015 in Hanau

Dr. Michael Sonnekalb,

Konvekta AG

Werner Laber

HEAG mobilo GmbH

Wege zum emissionsarmen ÖPNV

Dieselbus

Euro III

...

Euro VI



lokale Emission
Abwärme



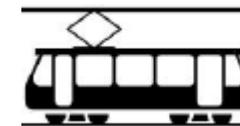
Hybridbus

Elektrobus

Brennstoffzellenbus

Batteriebus

Trolleybus (O-Bus)

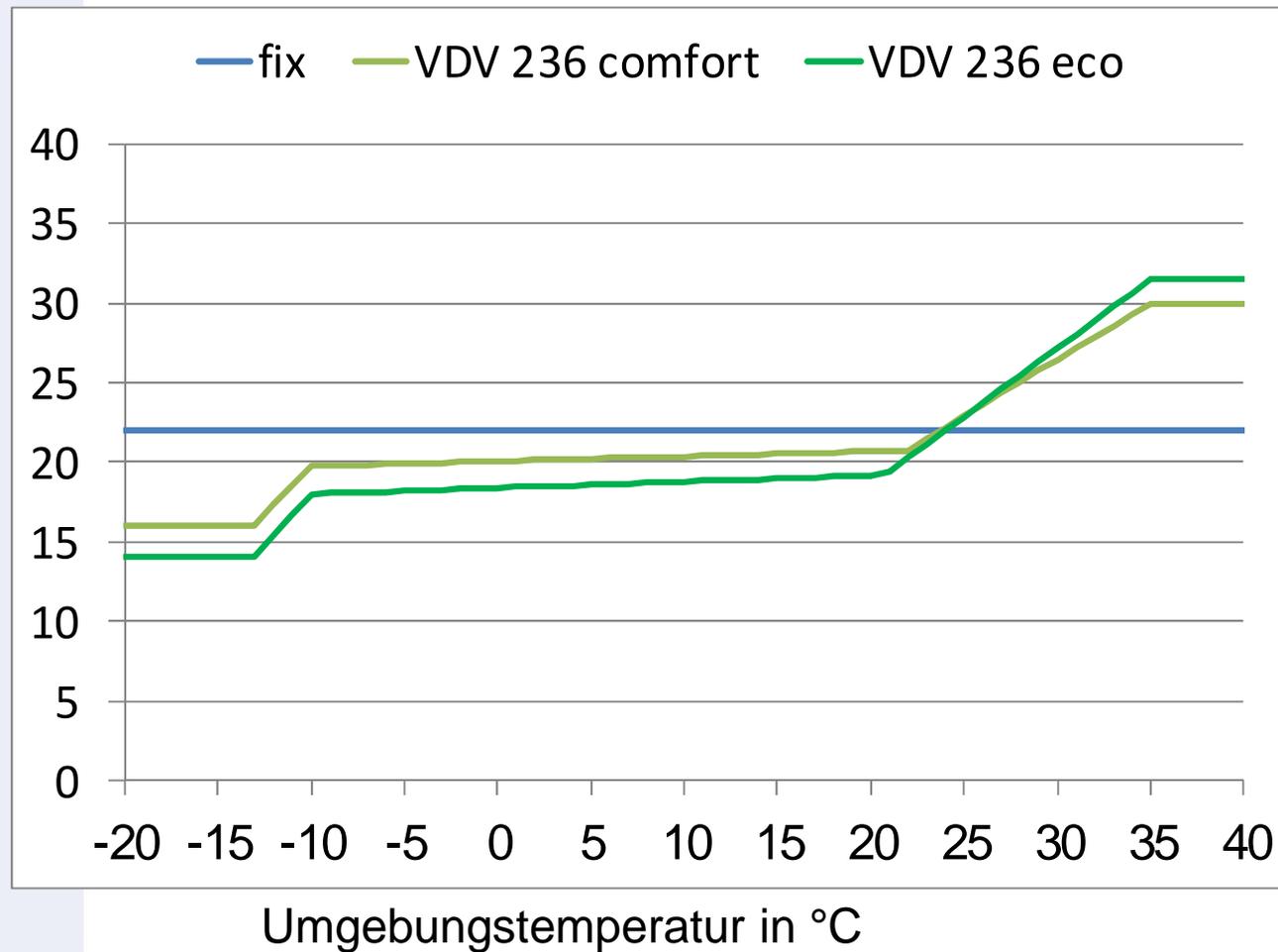


Straßenbahn

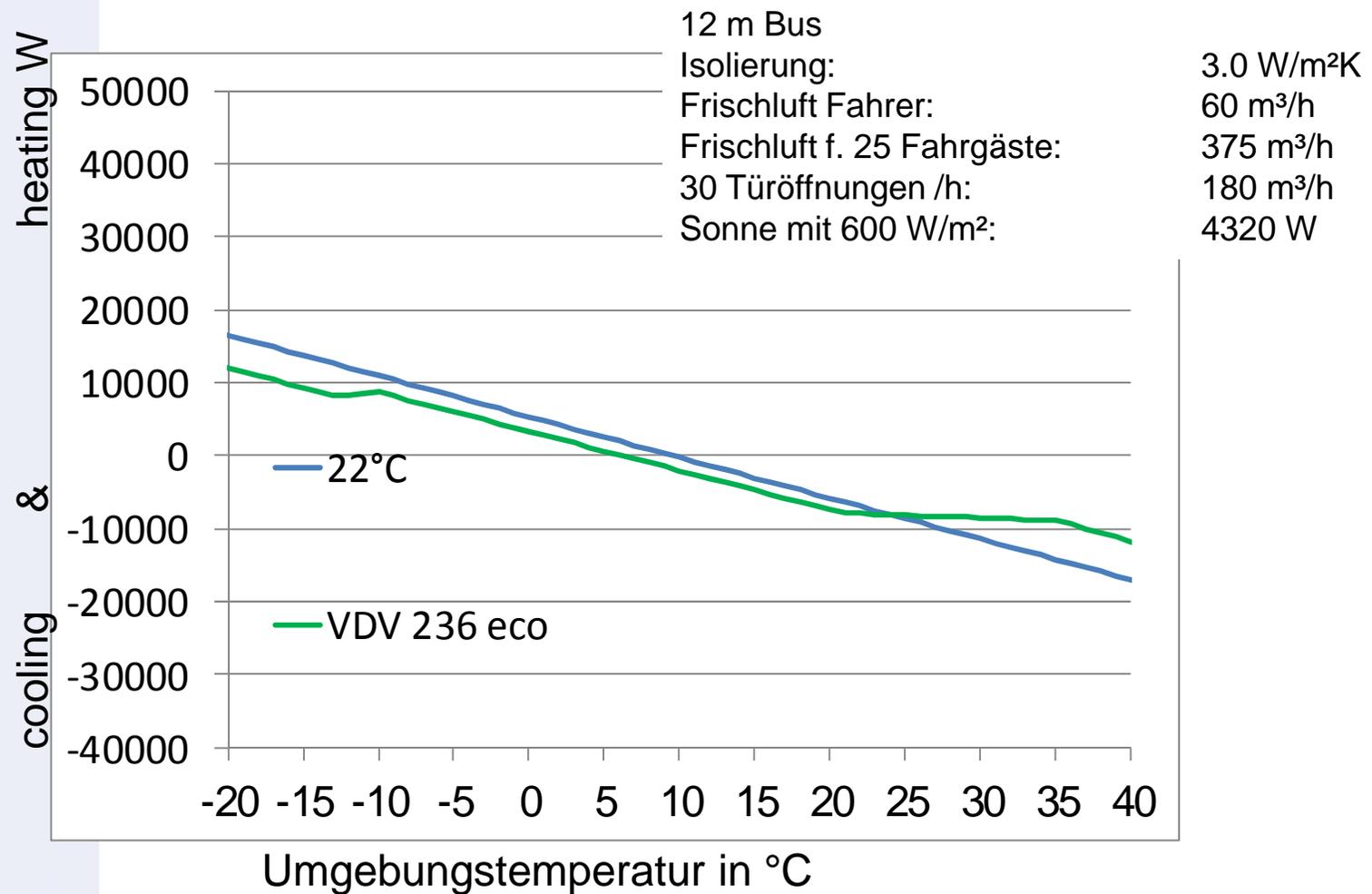


kaum Abwärme zur Beheizung

Sollwert der Innenraumtemperatur



HLK-Bedarf eines 12m-Busses bei 15 m³/h / Person



Lüftung

- notwendig zur Frischluftzufuhr
- kann nur kühlen mit der Temperatur der Umgebungsluft
 - bis ca. 20 °C
- starke Lüftung = starke Geräusche

Klimatisierung

- kann kühlen auch bei hohen Temperaturen der Umgebungsluft
 - geringere Lüftung = geringere Geräusche (innen)
-
- a) kleine elektrische Module (24V)
 - 1 bis 2 Stück
 - geringe Leistung
 - ausreichend bis ca. 30°C
 - b) Vollklimaanlage (400V)

Heizung mit Brennstoffzuheizer

- kann heizen auch bei tiefen Temperaturen der Umgebungsluft
- ausreichend Heizleistung
- konventionelles Wasserheizsystem = konventionelle Regelung
- aber Zusatztank notwendig
- aber nicht emissionsfrei
- bewährte Technik

Heizung mit Elektrozuheizer

- kann heizen auch bei tiefen Temperaturen der Umgebungsluft
- ausreichend Heizleistung
- konventionelles Wasserheizsystem = konventionelle Regelung
- aber belastet die Batterie = deutlich weniger Reichweite
- emissionsfrei
- bewährte kostengünstige Technik
- könnte Bremsenergie direkt nutzen

Heizung mit Luft/Luft-Wärmepumpe

- Heizleistung nimmt bei tiefen Temperaturen der Umgebungsluft ab
- neue Regelung notwendig
- kombinierbar mit Kaltwassersystem für z.B. Batteriekühlung
- kombinierbar mit konventionellem Wasserheizsystem
- belastet die Batterie durch höhere Effizienz deutlich weniger
 - Nutzung von Außenluft
 - oder Abwärme als Wärmequelle
- emissionsfrei

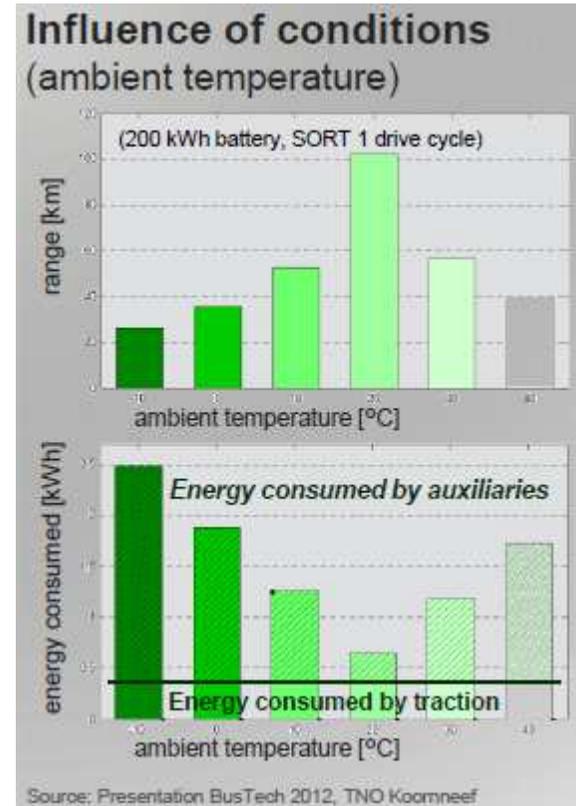
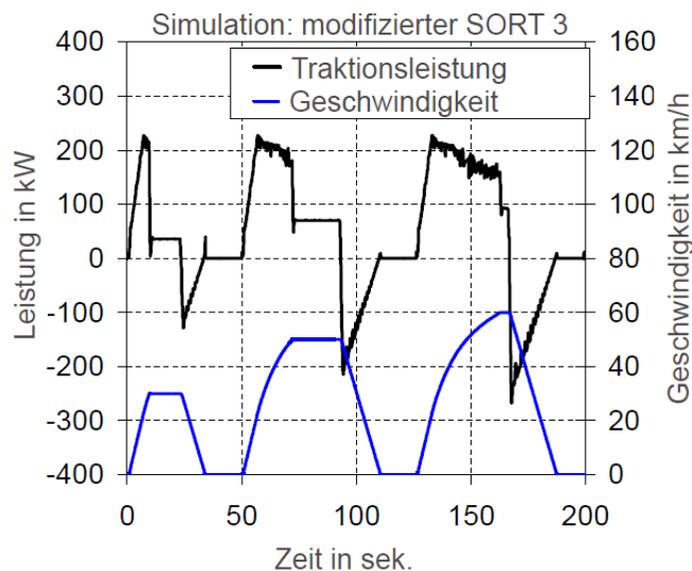
Idee: Kombination Batteriekühlung und Klimaanlage

- Separate Lösung
- Beide autark
- Keine Abwärmenutzung im Winter
- Schlechte Teillast
- Kombination
- Klimaanlage kühlt im Sommer die empfindliche Batterie
- Wärmepumpe nutzt Abwärme bei niedrigen Temperaturen
- Wärmepumpe nutzt Außenluft als Wärmequelle
- 3 x effizienter als E-Heizung

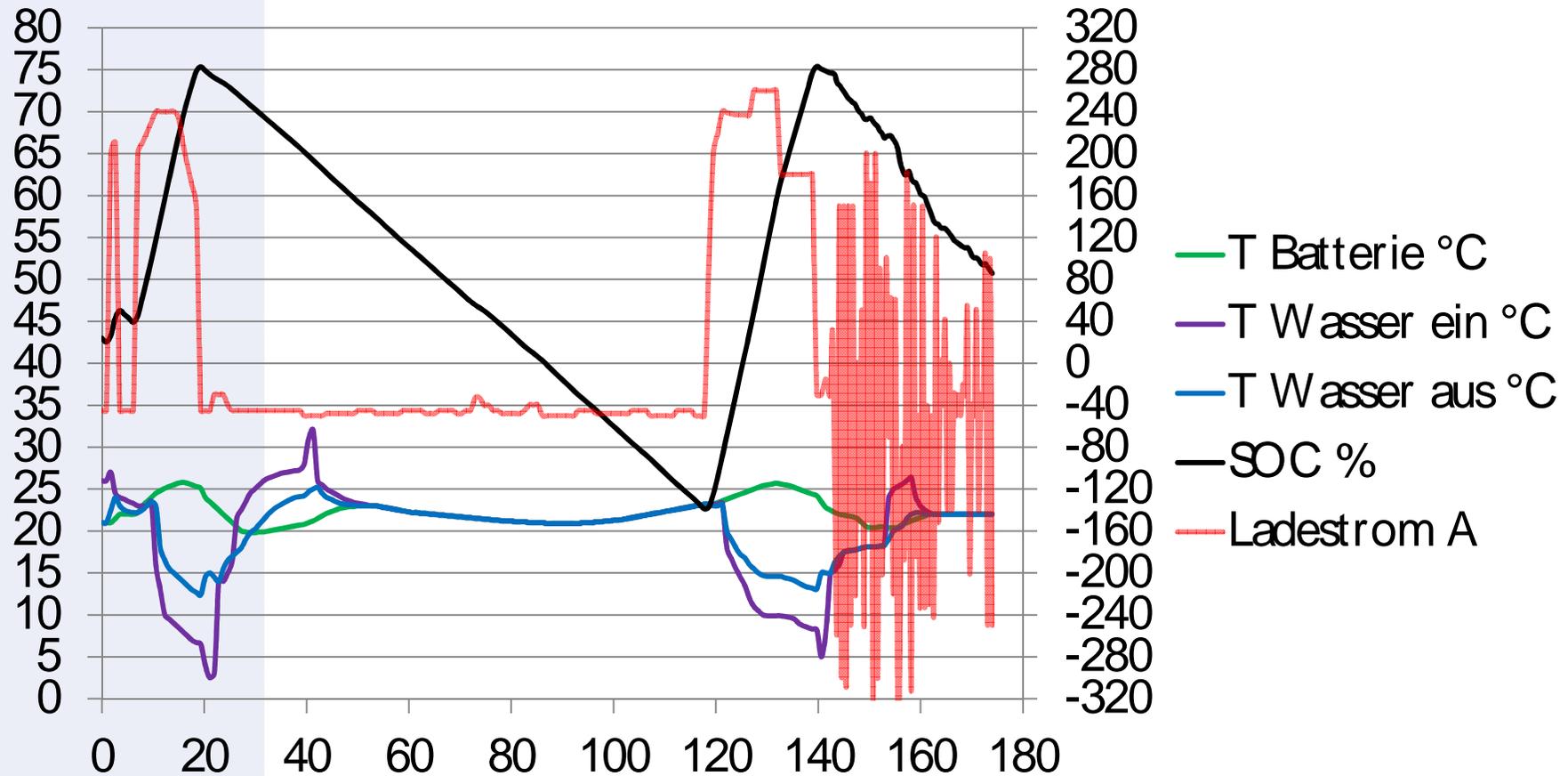
Traktions- und Heizungsanforderungen

- Traktion und Abwärme
- stark instationär
- Kühlung und Heizung
- eher stationär über Fahrprofil
- variiert mit Klima

■ Beispiel für Leistungsbedarf für 23t-Bus



Batteriekühlung



Temperaturverlauf von Batterie (grün) und Kühlwasser, Ladestrom (rot) und SOC während der Erprobung des Elektrobusses – Fahrphase am rechten Rand

Test bei -10°C in Klimakammer

- Nur Außenluft als Wärmequelle nach 10 Minuten



Hessisches Ministerium für
Umwelt, Energie, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz

Dieses Projekt (HA-Projekt-Nr.: 371/13-10) wird im Rahmen von Hessen Modellprojekte aus Mitteln der Energietechnologieoffensive Hessen – Projektförderung in den Bereichen Energieerzeugung, Energiespeicherung, Energietransport und Energieeffizienz gefördert.

Elektrobusnetz Darmstadt 2025

Machbarkeitsstudie
gefördert aus Mitteln
des Haushalts 2015
Förderprodukt 73
„Elektromobilität“



Hessisches
Ministerium für
Wirtschaft, Energie,
Verkehr und
Landesentwicklung



Einleitung

Der ÖPNV-Sektor nimmt als Mitglied des Umweltverbundes seit jeher eine Vorreiterrolle bei umwelt- und klimafreundlicher Mobilität ein

Ein moderner und elektromobiler ÖPNV unterstützt die Ziele des Klimaschutzes auf drei Wegen:

- Durch die Reduzierung bzw. den weitest gehenden Wegfall der eigenen Emissionen (Luftschadstoffe und Lärm)
- Durch die hohe Kontaktdichte als Vermittler der Idee funktionierender Elektromobilität und
- Durch intermodale Verlagerungspotentiale, die ein moderner und attraktiver ÖPNV erzeugt

Einleitung

Die HEAG mobilo hat in diesem Kontext eine Machbarkeitsstudie zur Einführung des Elektrobusbetriebs auf den innerstädtischen Linien bis 2025 durchgeführt.

Die Machbarkeitsstudie dient dem Nachweis der Umsetzbarkeit des Vorhabens und dem Aufzeigen der entsprechenden Umsetzungsparameter.

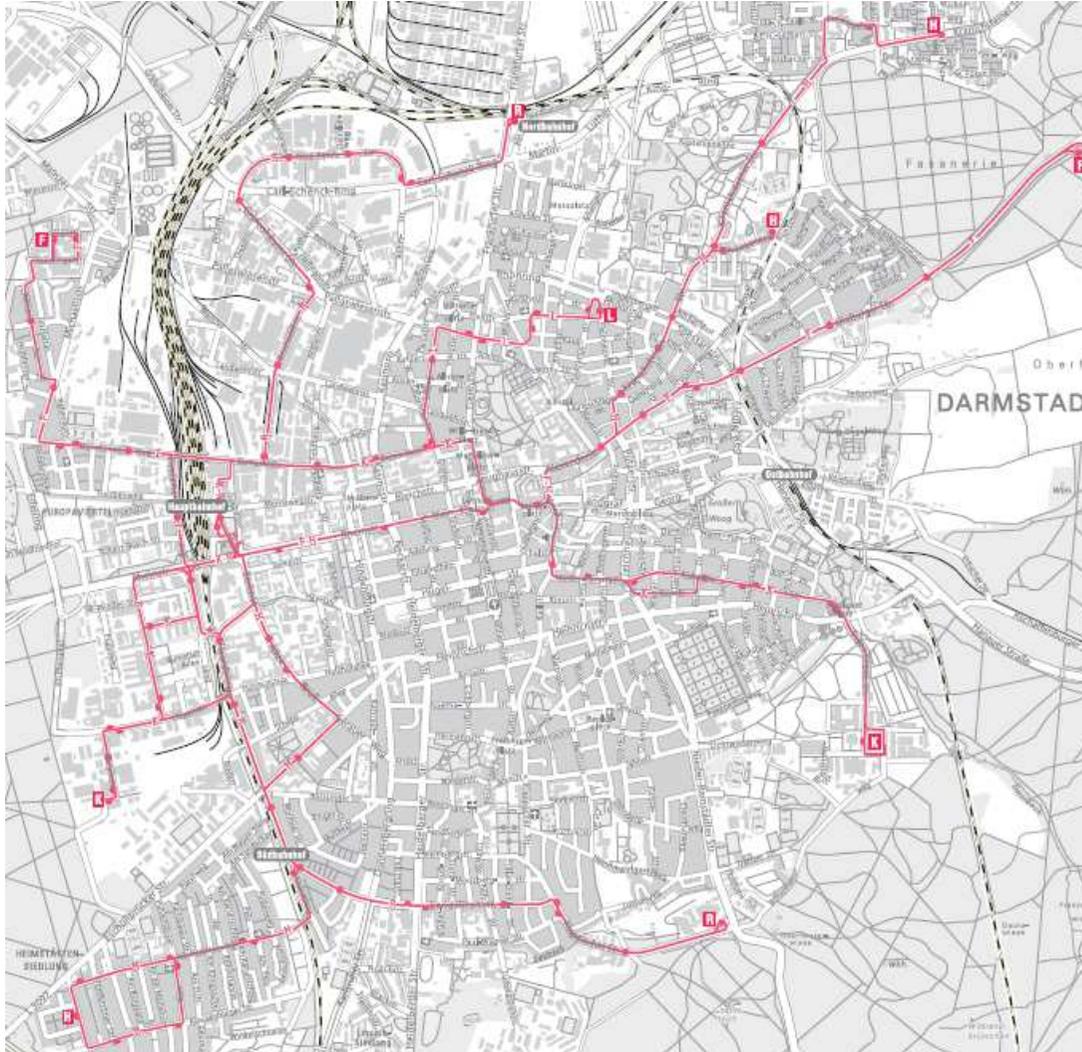
Anschließend soll in einem Forschungs- und Entwicklungsprojekt mit hessischen Industriepartnern und der Hochschule Darmstadt die erste Buslinie in Darmstadt auf Elektrobusbetrieb umgestellt werden.

1. Schritt Machbarkeitsstudie

- Antragssteller: HEAG mobilo GmbH
- Projektbeteiligte:
 - e-Netz Südhessen
 - Hochschule Darmstadt – Forschungsinstitut sofia

Zeitraum: 01.09 – 31.12.2015

Machbarkeitsstudie



Linie F:

Oberwaldhaus –
Haasstraße

Linie H:

Kesselhutweg –
Anne-Frank-Straße

Linie K:

Kleyerstraße –
TU-Lichtwiese/Mensa

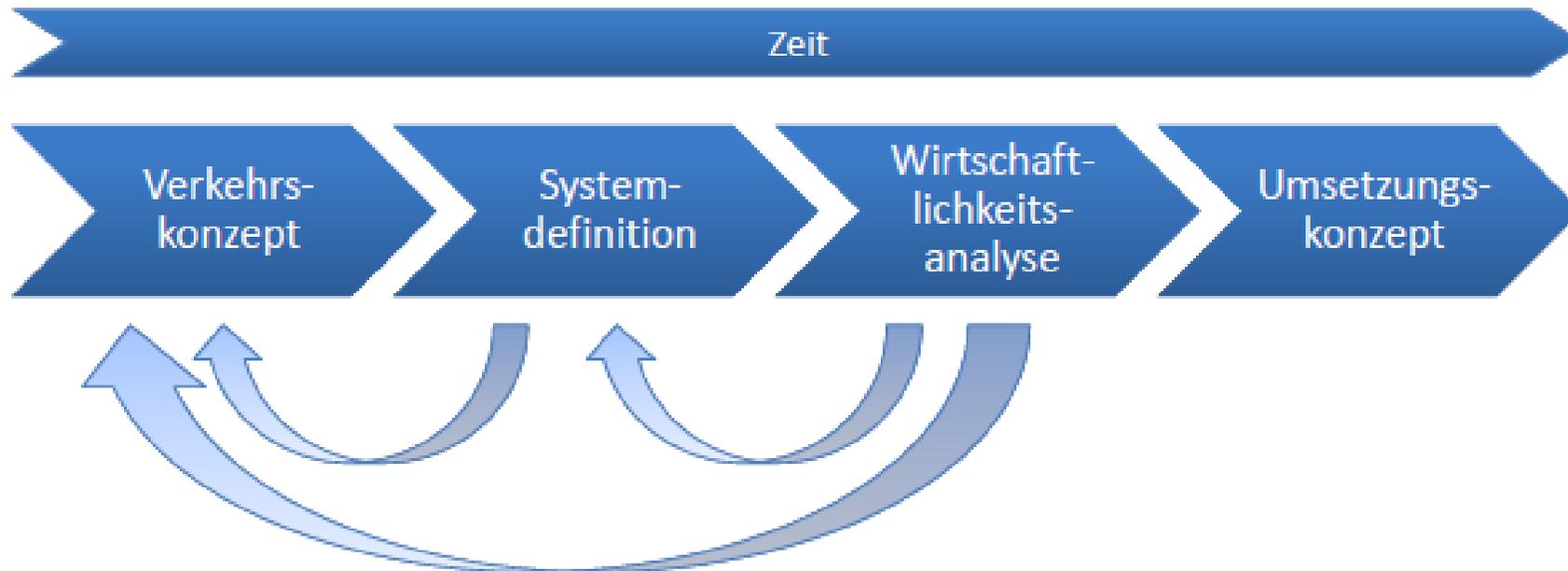
Linie L:

Schloß –
Heinheimer Straße

Linie R:

Nordbahnhof –
Böllenthaltor

Machbarkeitsstudie



- Analyse Liniennetz
- Verkehrsangebot
- Raumstruktur

- Fahrzeugtechnologie
- Speichertechnologie
- Ladekonzept
- Infrastruktur
- „Sonstiges“

- Investitionen
- Betriebskosten
- LC-Betrachtung
- Volkswirtschaftliche Effekte
- Fördermittel

- Systementscheidung
- Systemumsetzung

Machbarkeitsstudie

Arbeitspaket e-Netz Südhessen:

- Analyse des Stromversorgungsnetzes für die Bereitstellung der benötigten Energiemenge für die Schnellladepunkte
- Theoretische Untersuchung der Ladestationen bezüglich unzulässige Überlastung im Versorgungsnetz und störenden Rückwirkungen auf andere Verbraucher
- Mögliche Abhilfemaßnahmen (z.B. punktuelle Netzverstärkung) bei unzulässigen Belastungen etc. werden technisch und wirtschaftlich untersucht und bewertet.

Machbarkeitsstudie

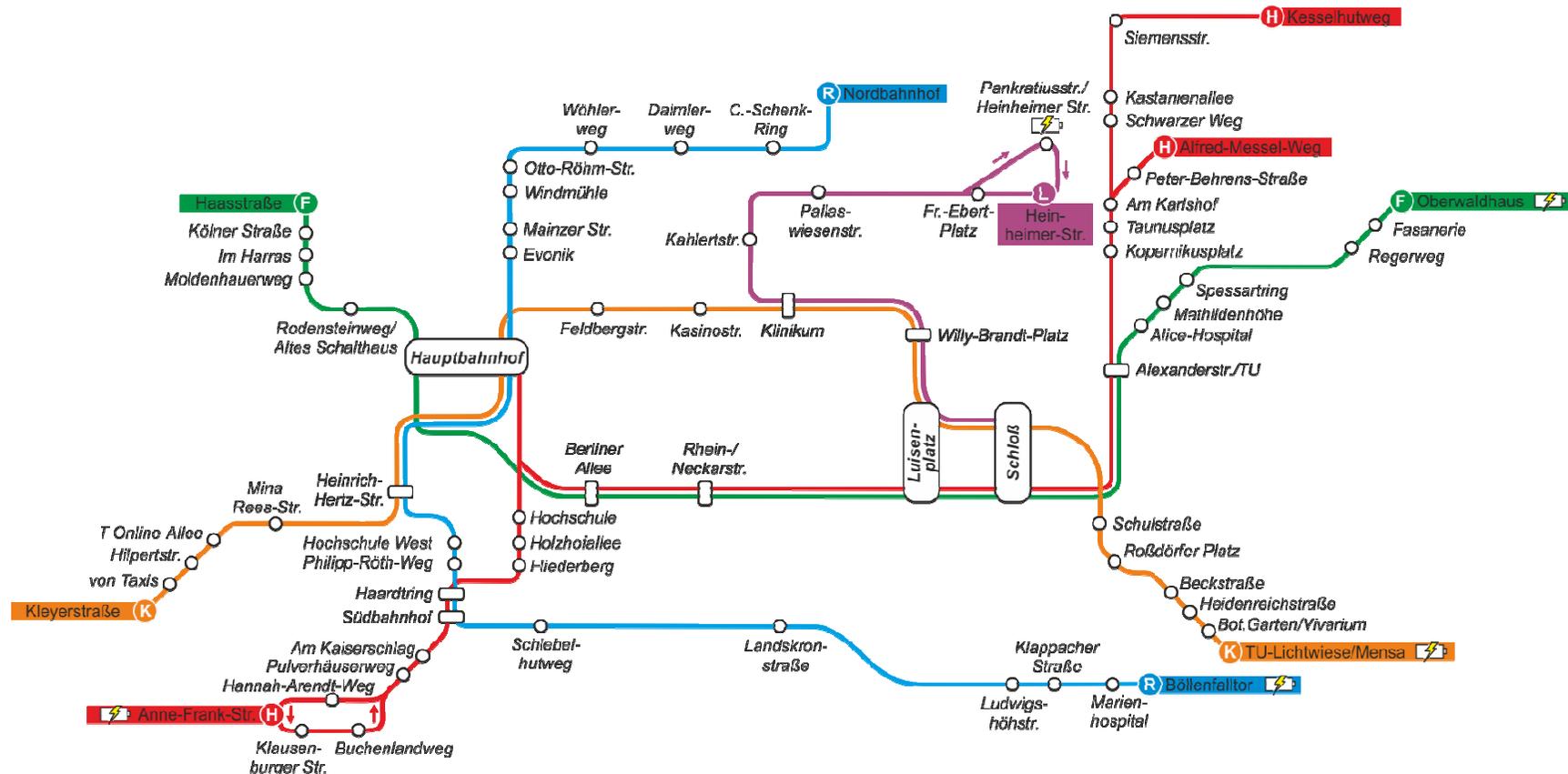
Hochschule Darmstadt:

Workshop mit Professoren verschiedener Fachrichtungen über die städtebaulichen, sozialen und ökologischen Aspekte der Einführung von Elektrobussen.

Ziel war es, wissenschaftlich interdisziplinär einen Austausch mit dem Betreiber zu initiieren, der Chancen und Risiken der geplanten Einführung von Elektrobussen betrachtet.

Machbarkeitsstudie

Übersicht der definierten Schnellladepunkte mit 360 kW Anschlussleistung aus dem öffentlichen Versorgungsnetz, oder der Bahnstromversorgung



2. Schritt Projektskizze

„Innovationsdrehscheibe – Elektrobus Darmstadt“

Forschungs- und Entwicklungsprojekt nach der
Förderrichtlinie Elektromobilität des BMVI vom 09.06.2015

Innovationsdrehscheibe – Elektrobus Darmstadt

Verbundkoordinator: HEAG mobilo GmbH

Projektpartner:

Entega Energie GmbH aus Darmstadt

AKASOL GmbH aus Darmstadt

Hochschule Darmstadt

Assoziierte Partner:

KONVEKTA AG aus Schwalmstadt

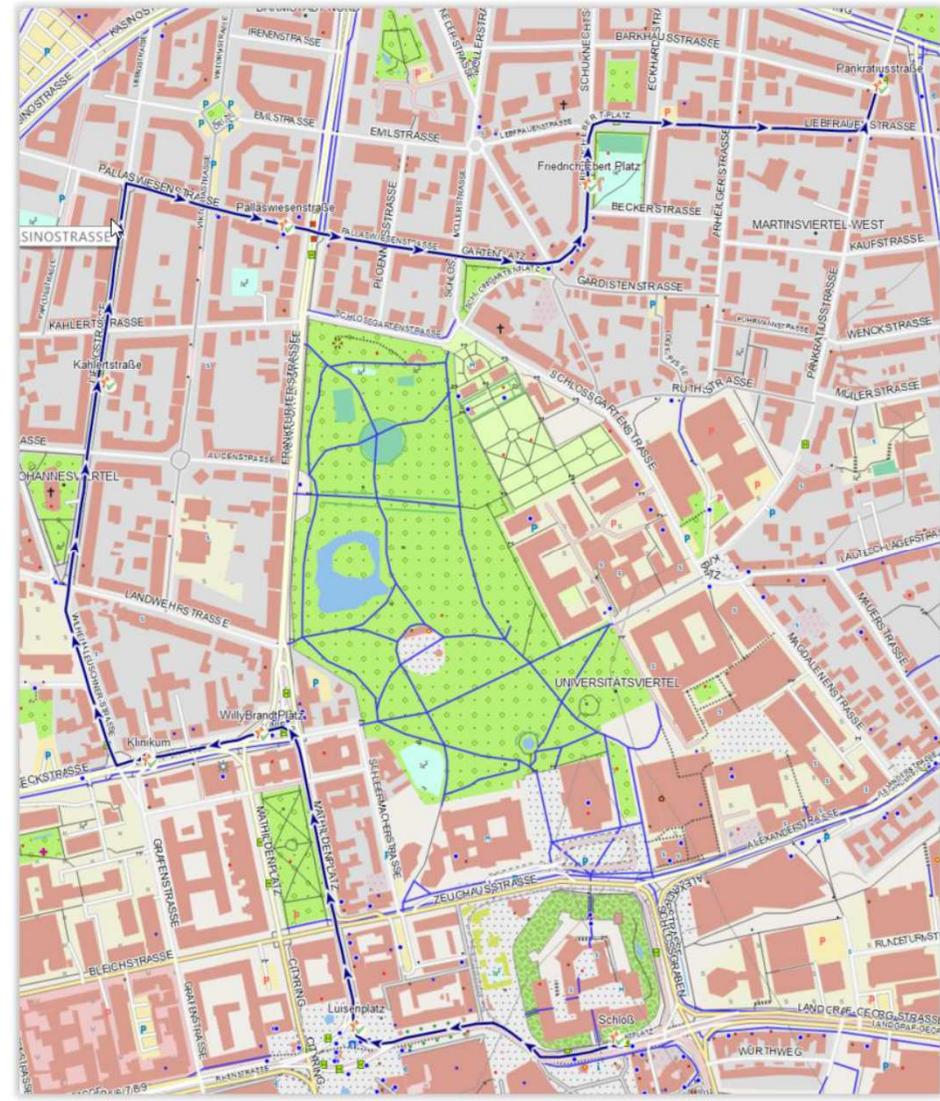
Schunk Bahn und Industrietechnik GmbH aus

Wettenberg

Innovationsdrehscheibe – Elektrobus Darmstadt

Buslinie L vom Schloß zur Heinheimer Straße

- Innenstadtgebiet mit dichter Bebauung
- Fußgängerzone und viele Tempo 30–Zonen werden durchfahren
- Linienlänge von ca. 2,5km mit kurzen Haltestellenabständen
- Durchschnittsgeschwindigkeit von 16km/h
- Anwohner beschwerten sich über Schadstoff- und Lärmemissionen des ÖPNV



Innovationsdrehscheibe – Elektrobuss Darmstadt

HEAG mobilo GmbH

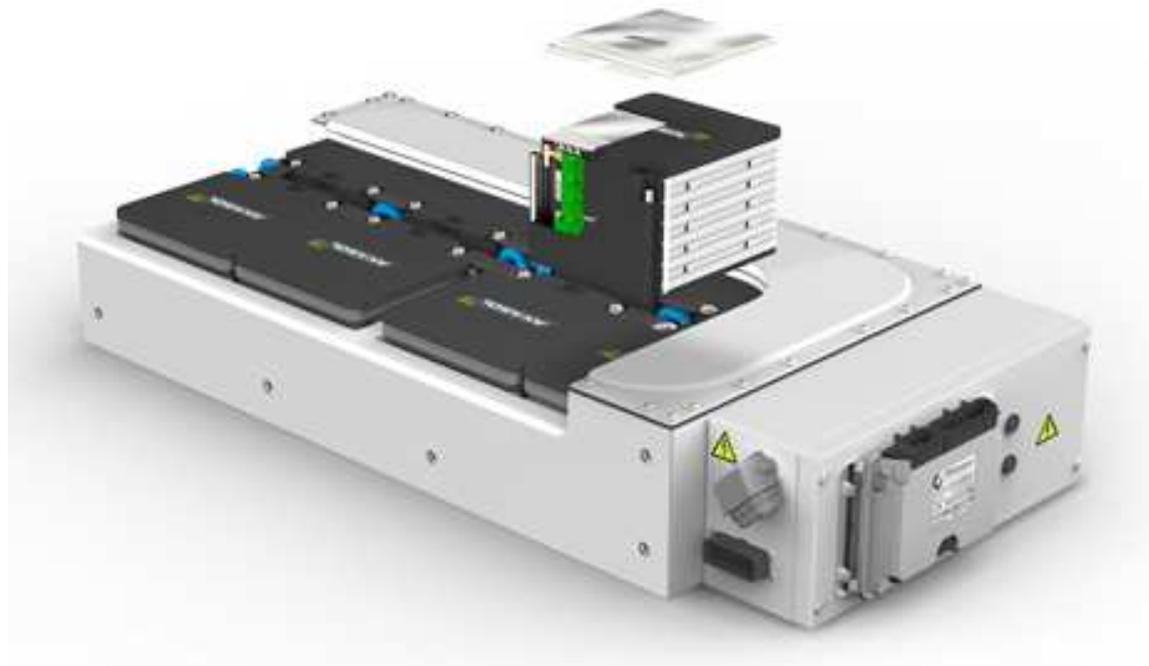
Bereitstellung von zwei Technologieträger (12m Busse) für die Erprobung und Evaluierung der Komponenten



Innovationsdrehscheibe – Elektrobus Darmstadt

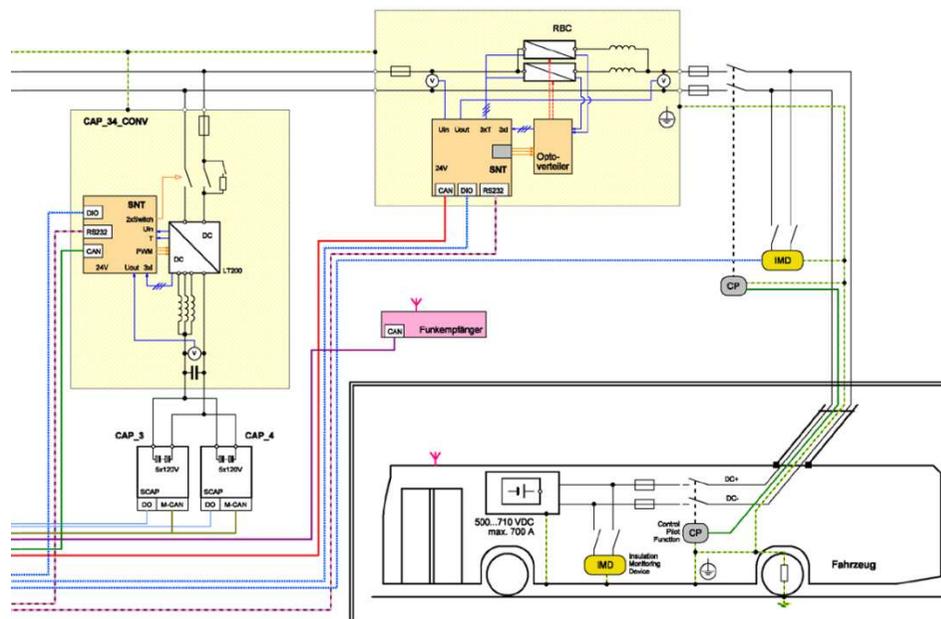
Akasol GmbH

Bereitstellung von zwei Batteriepaketen für Elektrobusanwendungen mit 90 und 120 kWh



Innovationsdrehscheibe – Elektrobus Darmstadt

Entega Energie - Aufbau und Betrieb eines Schnellladesystem mit 360kW



Innovationsdrehscheibe – Elektrobus Darmstadt

Konvekta AG

Integration eines Heizungs- und Klimatisierungssystem für Elektrobusanwendungen



Innovationsdrehscheibe – Elektrobus Darmstadt

Schunk Bahn und Industrietechnik GmbH Kontaktsystem für Elektrobusse



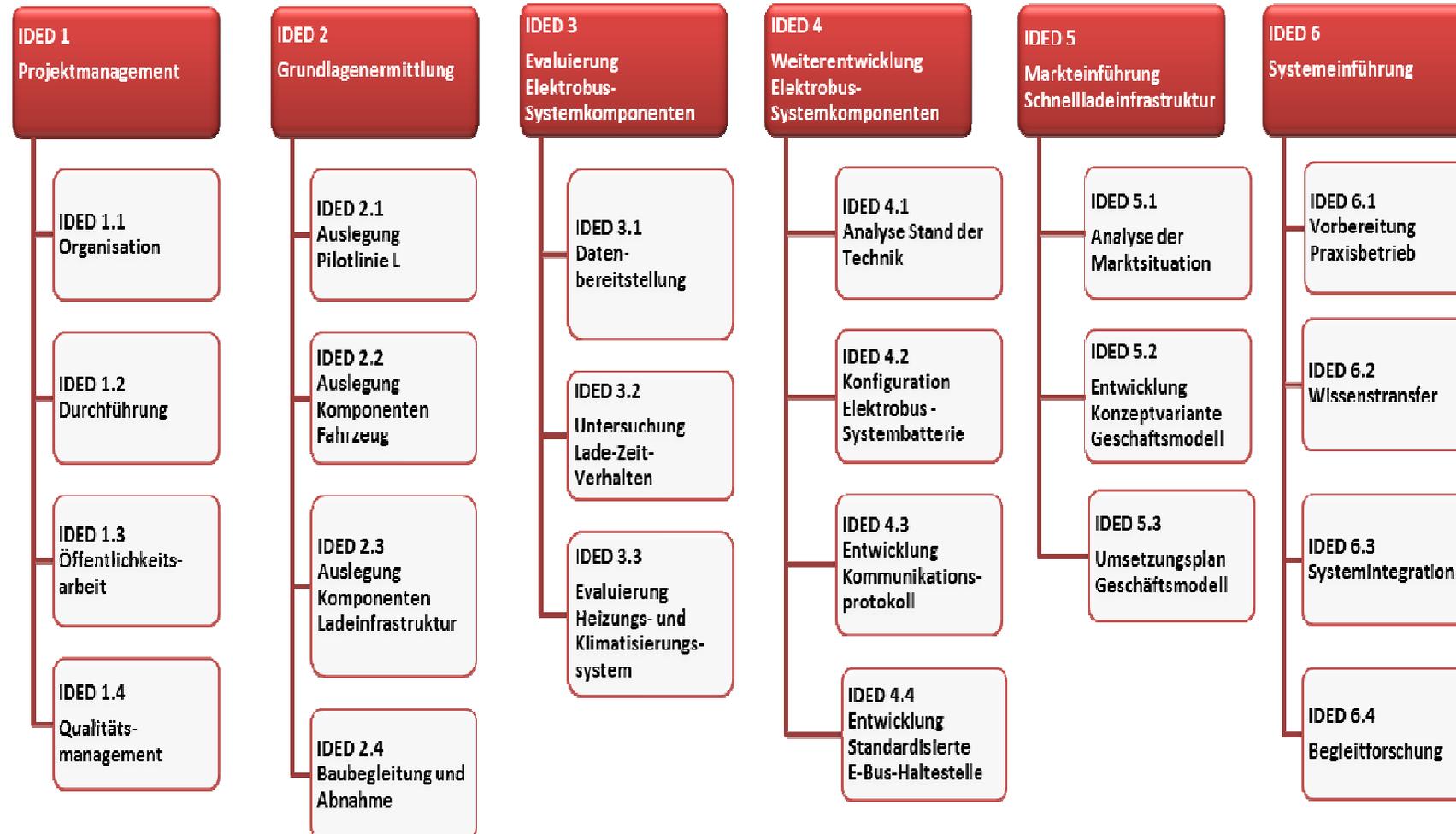
Innovationsdrehscheibe – Elektrobus Darmstadt

Zielsetzung des FuE Projekt:

Spezifische Elektrobus-Systemkomponenten hinsichtlich Energieeffizienz, Wirtschaftlichkeit und gesellschaftlicher Akzeptanz für den Einsatz im täglichen Betrieb zu untersuchen, zu optimieren und weiter zu entwickeln.

Die Evaluierung der definierten Systemkomponenten soll durch die Anwendung im realen Linienbetrieb erfolgen.

Innovationsdrehscheibe – Elektrobus Darmstadt



Innovationsdrehscheibe – Elektrobus Darmstadt

Erwartete Ergebnisse:

- übertragbares Umsetzungskonzept für den Elektrobusbetrieb
- entwickeltes Lade-Zeit-Verhalten-Modell für situationsgesteuertes Nachladen
- festgelegte Dimensionierungsanforderungen an Speicher für den Elektrobuseinsatz
- Festgelegte Systembausteine und Parameter für standardisierte ÖPNV-Haltestelle
- Geschäftsmodell für den Betrieb und die Vermarktung von Schnellladeinfrastruktur im (schweren) Nutzfahrzeugbereich

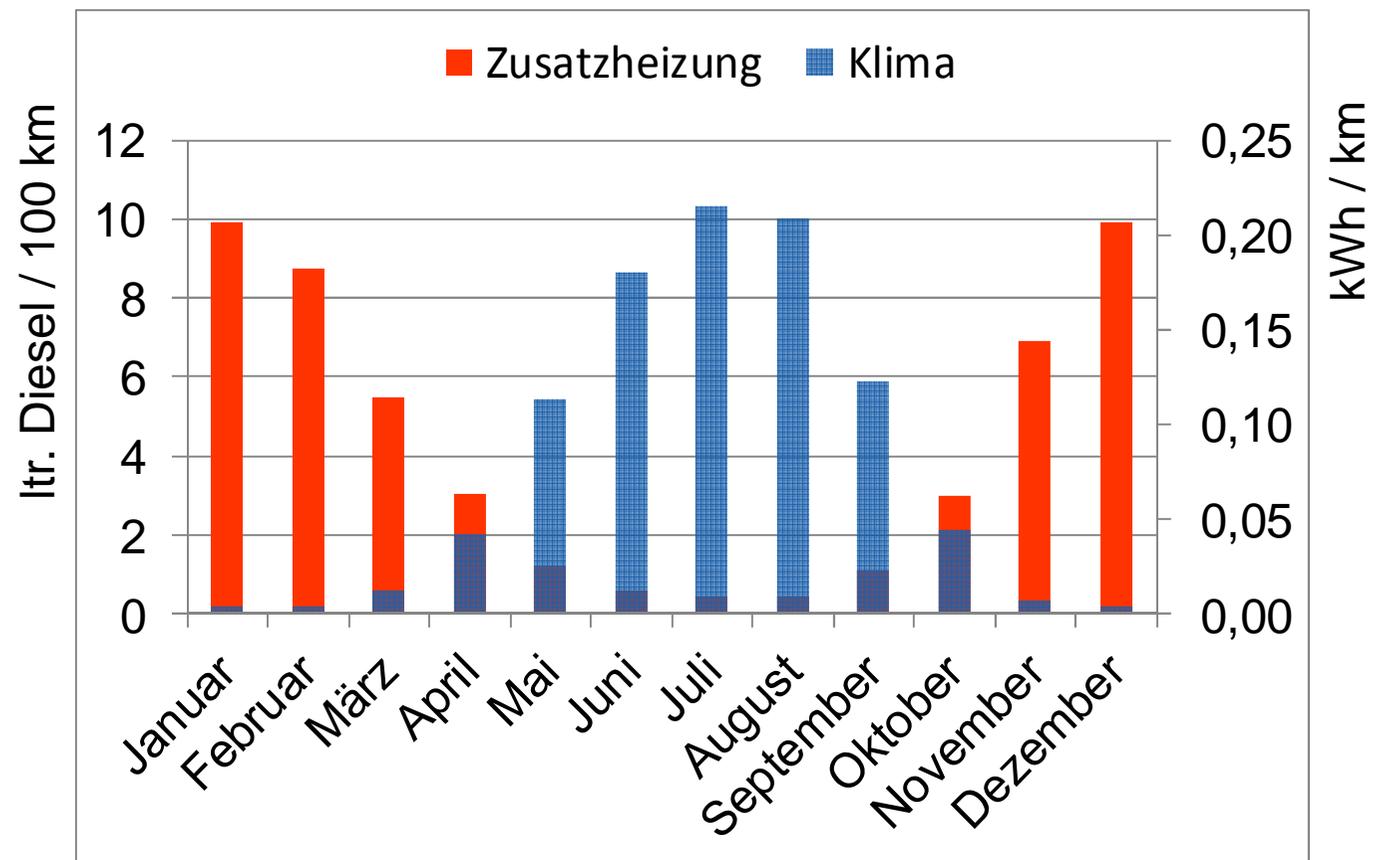
Innovationsdrehscheibe – Elektrobus Darmstadt

Meilensteine:

- ✓ Einreichung der Skizze bis zum 31.08.2015
- Prüfung durch BMVI und NOW (Ergebnis noch offen)
- Bei positiver Prüfung – Einreichung des Förderantrages, Kooperationsvereinbarung etc.
- Projektlaufzeit 24 Monate
- Gesamtbudget (geschätzt) : 2.084.545 Euro
- Fördermittel: 1.283.820 Euro
- Förderquote: 62 %

Simulation des Energieverbrauchs der Klimatisierung

Darmstadt, 12m-Stadtbus mit Klimaanlage
 und Dieselzusatzheizung
 11 km/h
 19 Stunden Einsatz

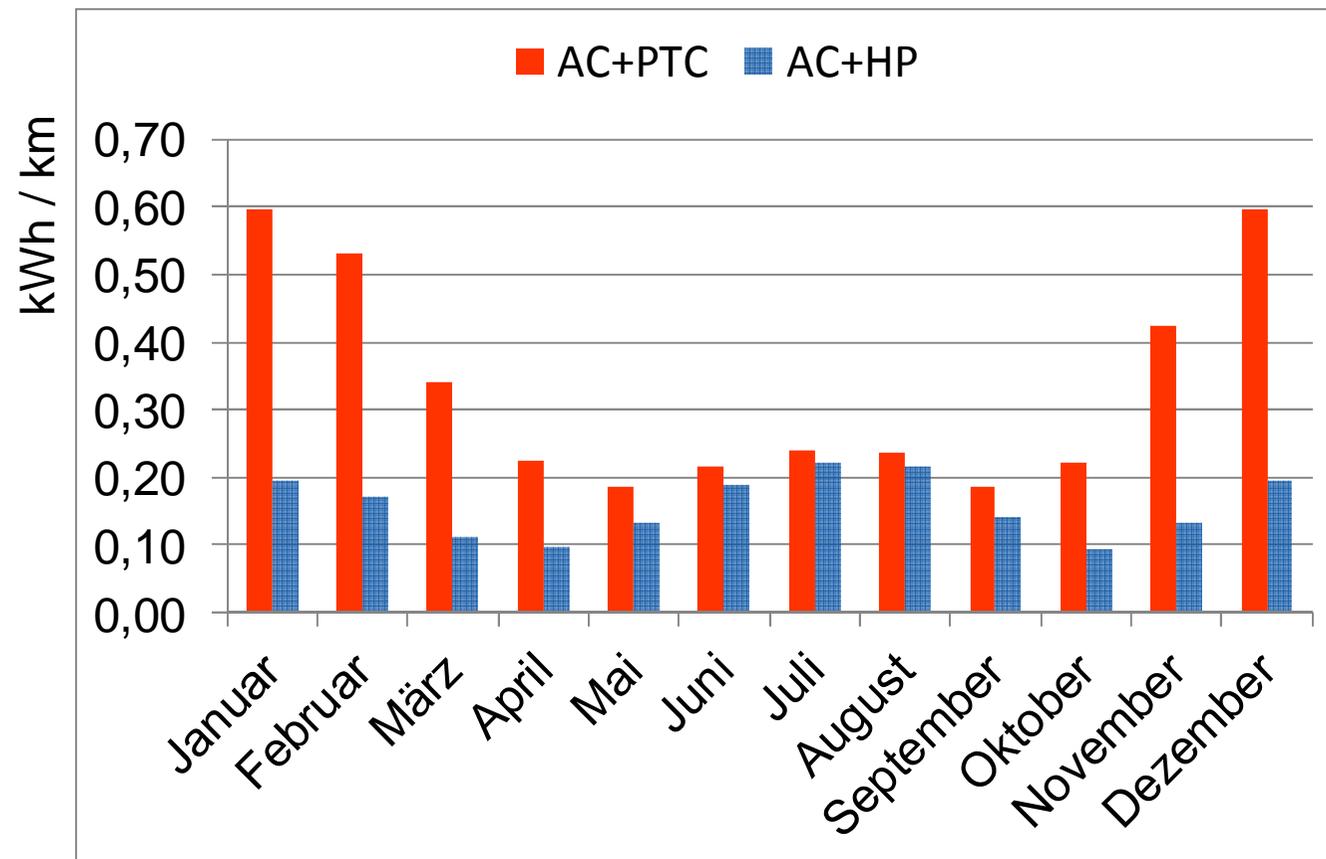


Simulation des Energieverbrauchs der Klimatisierung

Darmstadt, 12m-Stadtbus mit Klimaanlage (AC) und
Elektrozusatzheizer (PTC) bzw. Wärmepumpe (HP)

11 km/h

19 Stunden Einsatz



Überblick und Ausblick

- Brennstoffzusatzheizer
 - ausgereifte Technik
 - größte Reichweite
- Elektrozusatzheizer
 - ausgereifte Technik
 - geringste Reichweite
 - geringste Kosten
- Wärmepumpe
 - Effizientes emissionsfreies System
 - Vollklimaanlage, später 24V-Systeme
- thermischer Speicher und Vorheizten!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Hessisches Ministerium für
Umwelt, Energie, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz

Dieses Projekt (HA-Projekt-Nr.: 371/13-10) wird im Rahmen von Hessen Modellprojekte aus Mitteln der Energietechnologieoffensive Hessen – Projektförderung in den Bereichen Energieerzeugung, Energiespeicherung, Energietransport und Energieeffizienz gefördert.